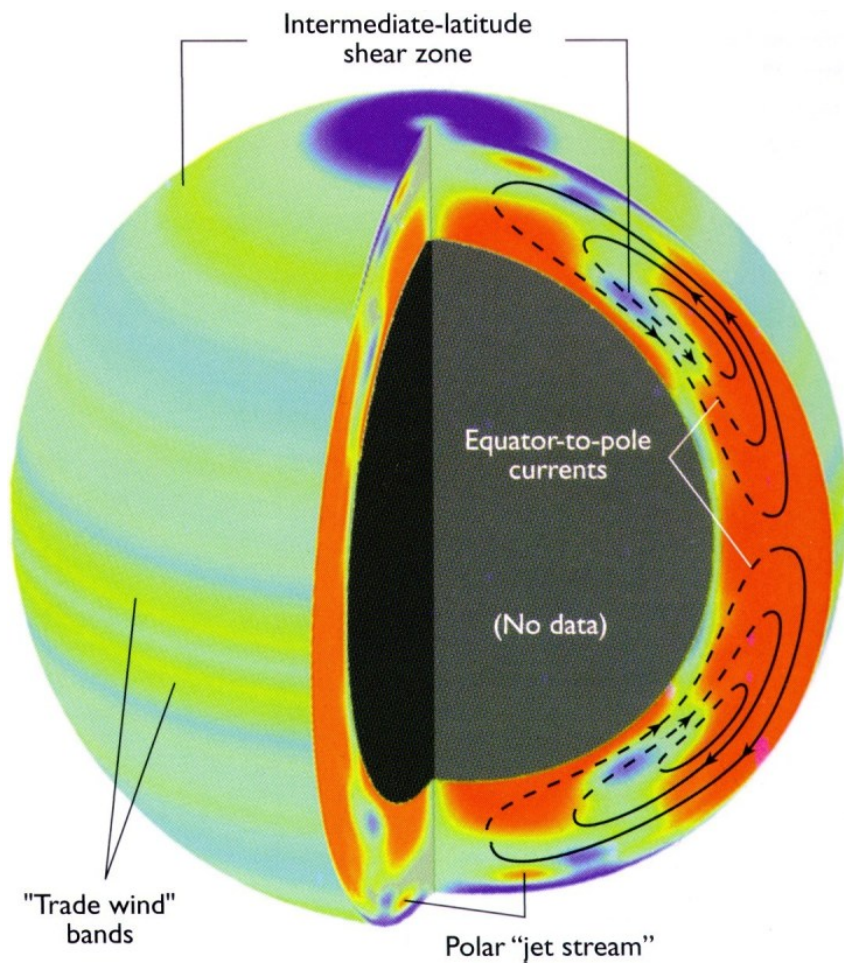


POVĚTROŇ

2002/1

ročník 10



SLOVO ÚVODEM. Z obsahu tohoto čísla je ihned vidět, že je zaměřeno na proměnné hvězdy: Martin Navrátil píše o zákrytové dvojhvězdě ES UMa, Pavel Marek a Ondra Pejcha o pulzujících hvězdách typu W Virginis, Honza Skalický referuje o brněnské proměňářské konferenci, která se konala na začátku listopadu 2001, a k tomu je přiřazen i náš příspěvek o modelování EQ Tauri.

Martin Lehký přináší zprávu z oboru meziplanetární hmoty o těsném průletu planety 1998 WT24 kolem Země. Spolu s Martinem Navrátilem pak popsali pozorování meteorického roje Leonid.

Druhými díly pokračují seriály 10 otázek a odpovědí a Daleké rozhledy. Nově zařazujeme rubriku Děni na obloze, v níž najdete přehlednou mapku oblohy a stručné tipy na úkazy viditelné v následujícím měsíci. Martin Cholasta upozorňuje na knihu o Tychonovi Brahe a je také autorem výroční zprávy ASHK.

Věnujte prosím pozornost čtenářské anketě — hodnocení článků 9. ročníku Povětroň. Na adrese <http://www.astrohk.cz/ashk/povetron/anketa.html> najdete formulář, ve kterém můžete „oznámkovat“ 76 článků, ohodnotit grafickou úroveň obálek i napsat podrobnější komentáře. Na základě Vašich odpovědí bude redakce rozhodovat o obsahu a zaměření dalších čísel!

Se začátkem 10. ročníku jsme také provedli několik důležitých formálních změn ve vydávání časopisu Povětroň: registrovali jsme časopis na Ministerstvu kultury ČR, získali čísla ISSN pro evidenci v mezinárodním knihovnickém systému, posíláme celkem 18 povinných výtisků do českých a moravských knihoven, začali jsme časopis prodávat na hvězdárně v Hradci Králové a nabízíme i předplatné (v ceně 35,- Kč za jedno číslo).

Věřím, že nám i v následujícím roce zachováte čtenářskou a autorskou přízeň.

Miroslav Brož

Elektronická (plnobarevná) verze časopisu Povětroň ve formátech PDF, PostScript a HTML je k dispozici na adrese:

<http://www.astrohk.cz/ashk/povetron/>

Povětroň 1/2002; Hradec Králové, 2002.

Vydala: **Astronomická společnost v Hradci Králové** (5. 1. 2002 na 130. setkání ASHK)

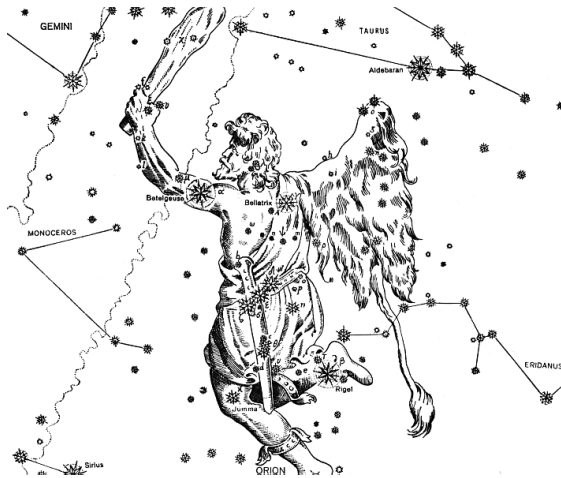
vydání 1., 36 stran, náklad 100 ks; dvouměsíčník, MK ČR E 13366, ISSN 1213-659X

Redakce: Miroslav Brož, Martin Lehký, Martin Navrátil a Miroslav Ouhrabka

Adresa: ASHK, Národních mučedníků 256, Hradec Králové 8, 500 08; IČO: 64810828

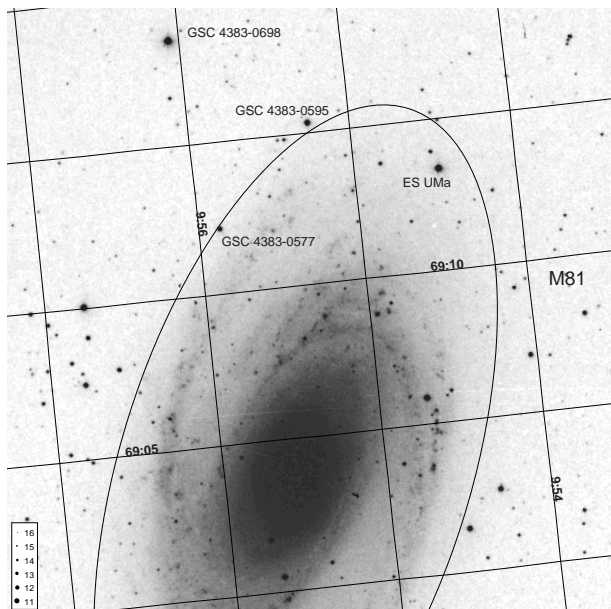
e-mail: ashk@email.cz, web: <http://www.astrohk.cz/ashk/>

Martin Navrátil: <i>Zákrytová dvojhvězda ES UMA</i>	4
Pavel Marek, Ondřej Pejcha: <i>Proměnné hvězdy (3) — W Virginis</i>	7
Jan Skalický: <i>Konference o výzkumu proměnných hvězd, Brno 2001</i>	9
Miroslav Brož, Martin Navrátil, Martin Lehký: <i>Model of EQ Tau</i>	14
Martin Lehký: <i>Leonidy 2001 — expedice Šerlich</i>	19
Miroslav Brož: <i>10 otázek a odpovědí (2)</i>	22
Miroslav Brož: <i>Děni na obloze v lednu 2002</i>	28
Martin Lehký: <i>Blízký průlet planety 1998 WT24</i>	30
<i>Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové</i>	31
Martin Cholasta: <i>Tycho Brahe, přístroje obnovené astronomie</i>	32
Miroslav Brož: <i>Daleké rozhledy (2) — Rozárka</i>	33
Martin Cholasta: <i>Výroční zpráva ASHK za rok 2001</i>	35



Titulní strana: Velkoškálové proudění plazmy v konvektivní zóně Slunce. Červená barva odpovídá proudům, které jsou rychlejší než průměrná rychlost rotace, žlutá a modrá proudům pomalejším. Šípkami jsou naznačeny i proudy směřující od rovníku k pólům a zpět. Ve větších hloubkách, tj. v zóně zářivě rovnováhy a v jádře Slunce, již úhlová rychlost rotace na hloubce a heliografické šířce příliš nezávisí. Smýkání vrstev na rozhraní těchto zón je zdrojem silného magnetického pole (tzv. sluneční dynamo). Model (z roku 1997) byl vypočten z dat poskytovaných přístrojem MDI na sondě SOHO. K článku na str. 22. © SOHO (ESA & NASA).

V roce 1993 nastala po výbuchu supernovy SN 1993J v galaxii M 81 (obr. 1 a 32) celosvětová pozorovací kampaň. Do pozorování se zapojili samozřejmě i naši pozorovatelé. Při odhadu jasnosti supernovy 16. dubna 1993 si v 19 h 12 min UT Jan Kyselý a v 19 h 15 min UT Kamil Hornoch všimli, že hvězda GSC 4383.0384 se nechová jako typická srovnávací hvězda, ale že změnila svou jasnost. Díky rychlosti předání zprávy se stal „prvním“ objevitelem Kamil Hornoch [1].



Obr. 1 — Mapa okolí galaxie M 81

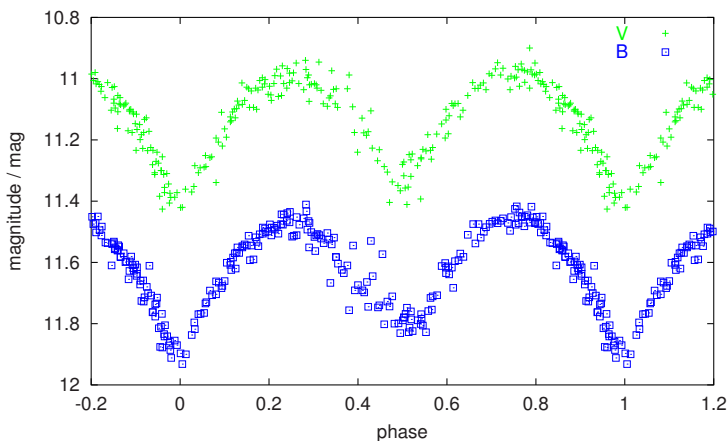
Ještě tentýž večer začal dvojhvězdu pozorovat Dalibor Hanžl fotoelektrickým fotometrem na 40 cm Nasmythově dalekohledu brněnské hvězdárny. Během dalších osmi pozorovacích nocí byla pokryta v oborech B a V celá světelná křivka (obr. 2). Poté začal pozorovaný materiál zpracovávat pan Zdeněk Mikulášek [2]. Fourierovskou analýzou byly určeny první světelné elementy:

$$JD_{\text{hel}} = 2449104,3592 + 0,528904 (E - 19) , \quad (1)$$

kde E označuje epochu (počet cyklů). Při zpracování byla použita metoda nejmenších čtverců a určeny chyby parametrů [3].

Dvojhvězdu pozoroval i Kamil Hornoch. Jeho vizuální pozorování však nebyla přijata k publikaci v IBVS (Information Bulletin on Variable Stars). To rozpoutalo diskusi o hodnotě vizuálních pozorování, která bylo zvykem váhovat asi 10-krát menší vahou než fotoelektrická nebo CCD pozorování. Díky přesněji použité metodě nejmenších čtverců bylo možné váhu pozorování určit přímo z rozptylu pozorovaných bodů. Závěrem bylo, že dobře „vycvičený“ pozorovatel je za dobrých pozorovacích podmínek přesností pozorování porovnatelný s fotoelektrickým měřením ve zhoršených pozorovacích podmínkách [3].

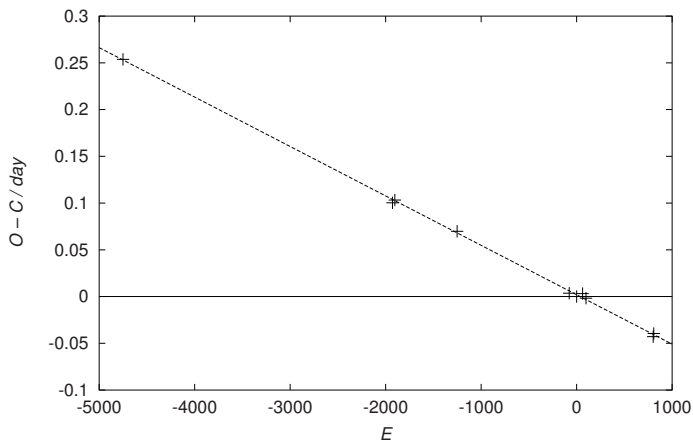
V letech 1994 a 1995 byl při rekonstrukci brněnského 40 cm dalekohledu fotoelektrický fotometr nahrazen CCD kamerou ST-7. První pozorování v oboru R, která byla spíše pokusná, proběhla až v následujícím roce. Celou světelnou křivku se však Daliboru Hanžlovi podařilo pokrýt až v roce 1997. Tehdy mne Dalibor požádal, zda bych neprovedl zpracování nových pozorování, a tak jsme v roce 1998 společně referovali na slovenské konferenci na Bezovci o nových výsledcích.



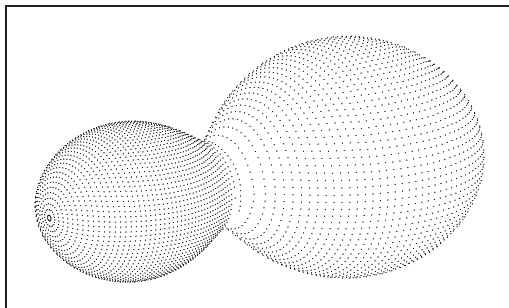
Obr. 2 — Světelná křivka ES UMa v oborech B a V, získaná po objevu na brněnské hvězdárně. Z tvaru křivky je vidět, že se jedná o proměnnou hvězdu typu W UMa.

Další pozorování v oborech V, R a I byla v Brně získána i v letech 1999 a 2000. V roce 2001 pozoroval dvojhvězdu třikrát v Hradci Králové Martin Lehký. Tím byl během devíti let získán bohatý materiál a bylo možné zpřesnit oběžnou periodu. Z deseti určených minim byl pomocí světelných elementů (1) zkonstruován $O-C$ diagram (obr. 3). Na první pohled bylo z klesající lineární závislosti jasné, že skutečná perioda oběhu složek dvojhvězdy je kratší než původně určená. Po proložení přímkou měřenými body byla pomocí její směrnice perioda zkrácena na $P = 0,528851$ d. Po krátkém referátu, který jsem měl na loňské bezovecké konferenci mi nabídl pan Zdeněk Mikulášek spolupráci na dalším zpracování pozorování.

vání. Máme v plánu pomocí jeho nových programů určit další parametry soustavy a nadále se věnovat této u nás objevené hvězdě.



Obr. 3 — $O-C$ diagram ES UMa vypočtený vzhledem k základnímu minimu $M_0 = 51606,3503$ a periodě uvedené v (1). Vynesená přímka má rovnici $O-C = -0,000053 E + 0,001938$.



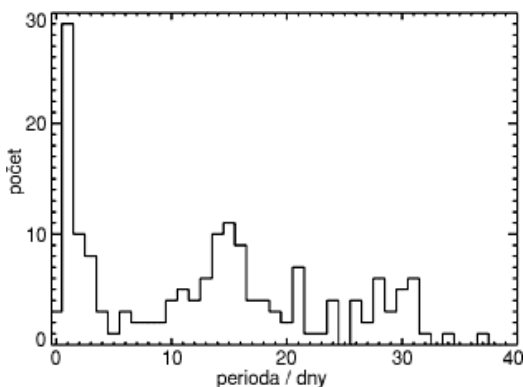
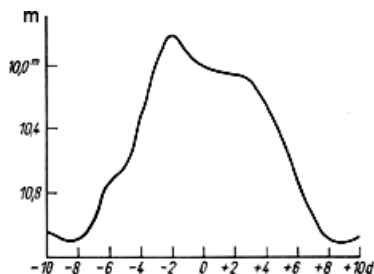
Obr. 4 — Předběžný model zákrytové dvojhvězdy ES UMa vypočtený programem Nightfall. Dvojhvězda je zobrazena ve fázi 0,85.

- [1] Hanžl, D., Kyselý, J., Hornoch, K.: *A New Variable Star GSC 4383.0384*. IBVS, **3879**, 1993.
- [2] Mikulášek, Z., Hanžl, D.: *Period and BV Light Curves of a New W UMa Variable GSC 4383.0384*. IBVS, **3914**, 1993.
- [3] Mikulášek, Z., Hanžl, D., Hornoch, K.: *ES Ursae Majoris — A New W UMa Variable Star*. Contributions of the Nicholas Copernicus Observatory and Planetarium in Brno, **31**, 43, 1995.

Základní údaje

Hvězdy typu W Virginis jsou radiálně pulzující, vysoce svítivé hvězdy (třídy svítivosti Ib až II); v GCVS mají označení CW. Periody změn jasnosti jsou většinou v rozmezí 0,8 dne až 35 dnů a amplitudy od 0,3 do 1,2 mag (V). Nejkratší periodu u hvězd typu W Vir můžeme nalézt u objektu V403 Cyg ($P = 0,80477$ d; 11,8 až 12,3 mag (P)). S nejdelší periodou se mění ET Vul ($P = 53,493$ d; 11,94 až 12,50 mag (V); spektrální typ F8).

Rozdělení četnosti hvězd typu W Vir podle periody znázorňuje obr. 5. „Poslouchají“ známý zákon perioda – svítivost, ale v trochu odlišné podobě od klasických cefeid. Příslušná rovnice zní: $M_V = -3,07 - 2,54 \log\{P\}$, $[P] = \text{den}$. Pro stejnou hodnotu periody tedy pozorujeme hvězdy typu W Virginis o 0,7 až 2 magnitudy slabší než hvězdy typu δ Cephei.



Obr. 5 — Rozdělení (histogram) četnosti hvězd typu W Vir podle periody.

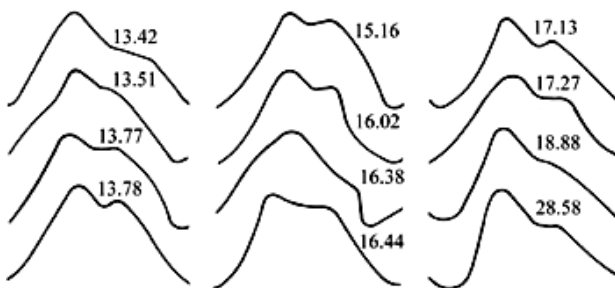
Hvězdy typu W Virginis náleží k populaci II, tj. vyskytují se v kulové složce Galaxie — v kulových hvězdokupách a velkých galaktických šířkách. Všechny hvězdy typu W Virginis mají přibližně stejnou hmotnost, a to $0,72 M_{\odot}$.

V GCVS můžeme najít kolem 190 objektů tohoto typu (asi 0,55 % všech známých proměnných hvězd). GCVS 1985 rozlišuje následující dva podtypy proměnných hvězd typu W Vir (tyto skupiny se liší hlavně tvarem světelné křivky): CWA — periody delší než 8 dnů (W Vir), GCVS uvádí 115 objektů tohoto typu (60,5 % všech hvězd typu W Virginis); CWB — periody kratší než 8 dnů (BL Her), v GCVS najdeme 65 objektů (34 %).

Tradičně se hvězdy typů δ Cephei a W Virginis nazývají cefeidy, protože je dosti obtížné rozlišit jejich příslušnost k jedné ze skupin pouze na základě světelné křivky (hlavně u period 3 až 10 dnů). Tyto dva typy se však liší svým vývojovým stádiem. V případě značně podobných světelných křivek se skupiny dají odlišit přítomností nebo absencí emisních čar vodíku (v určitém intervalu periody) během formování emisních čar Ca II H a K.

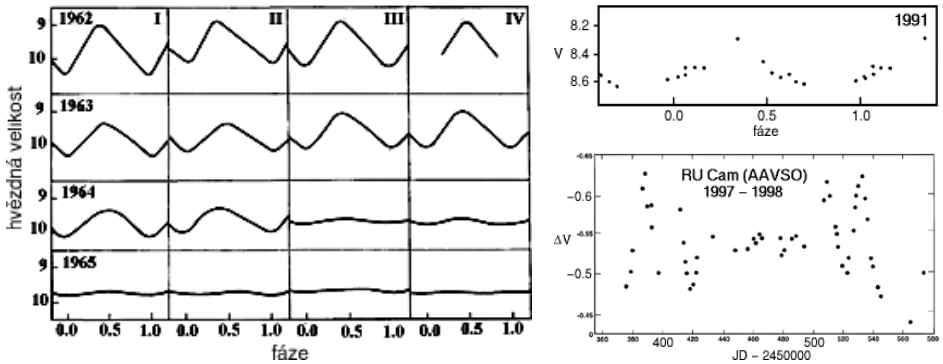
Tvar světelné křivky

Hvězdy typu W Virginis vykazují poměrně pravidelnou světelnou křivku, ale s častějšími nepravidelnostmi než u klasických cefeid, jak také říkáme hvězdám typu δ Cep. Na světelné křivce častěji spatříme vlny a hrby, které mohou občas způsobit vznik plochého maxima. V některých intervalech period se liší světelná křivka od cefeid buď amplitudou nebo hrbem na sestupné větvi.



Obr. 6 — Změna tvaru světelné křivky s časem u hvězd typu W Vir.

U hvězd typu W Vir se velice zřídka vyskytnou rozsáhlé nepravidelné změny periody a tvaru světelné křivky. Jediným takovým známým případem se v šedesátých letech stala RU Cam. Do roku 1964 obyčejná hvězda, která v kolonce typového označení nese CWA, s periodou 22,26 dnů, amplitudou 1,5 mag a spektrálním typem v maximu K0 (C0,1) a v minimu R2 (C3,2e). V letech 1962 a 1963 perioda fluktovala mezi hodnotami 22,055 a 22,187 dnů. Na počátku roku 1965 se však amplituda hvězdy začala zmenšovat a ke konci se snížila z původní hodnoty na méně než 0,1 mag. Od roku 1966 hvězda pulzuje s amplitudou kolem 0,2 mag a délkou cyklu od 17,4 do 26,6 dne. Satelit Hipparcos monitoroval RU Cam v letech 1989 až 1993 a hvězda byla klasifikována jako periodická, s periodou 22,24 dnů. V poslední době (1997 až 1998) se světelná křivka podobá spíše typické hvězdě pulzující najednou ve dvou módech, ve smyslu systematických změn amplitudy. Podle posledních měření se zdá, že hvězda se nadále chová nepředvídatelně. Spektrum zařazuje RU Cam přímo doprostřed pásu nestability, takže domněnka, že jej opouští, nemusí být pravdivá. Na obr. 7 jsou světelné křivky RU Cam v obdobích 1962 až 1965, 1991 a 1997 až 1998.



Obr. 7 — Světelná křivka RU Cam v období: (a) 1962 až 1965, (b) 1991, (c) 1997 až 1998.

Fyzikální model

Příčina světelných změn proměnných typu W Vir se neliší od klasických cefeid, proto odkazujeme na výklad o hvězdách typu δ Cephei, který byl uveřejněn v *Povětroni* 3/2001.

Možnosti amatérského sledování

Možnosti amatérského sledování těchto objektů se téměř shodují s klasickými cefeidami. Tyto hvězdy mohou navíc pozorovatele upoutat zajímavým tvarem světelné křivky a větší nahodilostí světelných změn. Amatér s velkým štěstím může objevit jev podobný tomu u RU Cam, ale dosud se to žádnému nepodařilo.

Konference o výzkumu proměnných hvězd, Brno 2001

Jan Skalický

Ve dnech 8. až 11. listopadu 2001 se v brněnském planetáriu konala Mezinárodní konference o výzkumu proměnných hvězd. Zahraniční účast byla vskutku bohatá, ale nezanedbatelnou skupinou byli i astronomové z ASHK. Konkrétně šlo o Martina Lehkého, Tomáše Kubce, Mirka Brože, Martina Navrátila, Ludka Dlabolu a Jana Skalického.

Konference byla zahájena ve čtvrtek 8. 11. v 16 hodin. Jako první promluvil argentinský astronom Jaim Ruben García. Hovořil o aktivitách *organizace LI-ADA* (Latin American Astronomical League) založené v roce 1982. (Členem této organizace je i známý pozorovatel Sebastian Otero.) Ve své přednášce vyzdvihl důležitost spolupráce mezi amatérskými a profesionálními astronomy. Dalším přednášejícím byl Ivan Zelinka, který seznámil přítomné s použitím *umělé inteligence v astrofyzice* a s teorií neuronových sítí. Snažil se vysvětlit možnosti těchto technologií a seznámit nás s principem „učení“ sítě, které probíhá vkládáním datových řad a výsledků získaných specifickými výpočetními procesy. Po

tomto „programování“ jsou neuronové sítě schopné řešit například předpověď sluneční aktivity. (Zřejmě by se daly úspěšně využít i pro předpověď chování poloprávidelných proměnných hvězd.)

Následoval blok věnovaný posterům. Mezi nejzajímavější patřily: variace $O-C$ některých zákrytových dvojhvězd T. Hegedüse a T. Borkovitse; prezentace výsledků kampaně YY Her kolektivu autorů z Čech i Slovenska; výsledky pozorování QR And a V335 Vul; práce o hvězdě V Boo; atlas $O-C$ diagramů pro 1140 hvězd; poster ukazující činnost B.R.N.O., MEDÚZY a další. Program pokračoval neformálními diskusemi. Jedním z jejich výsledků, důležitých pro český proměnářský výzkum, je možnost snadněji získávat data z AAVSO díky (neustále optimisticky naladěnému) panu Garcíovi,

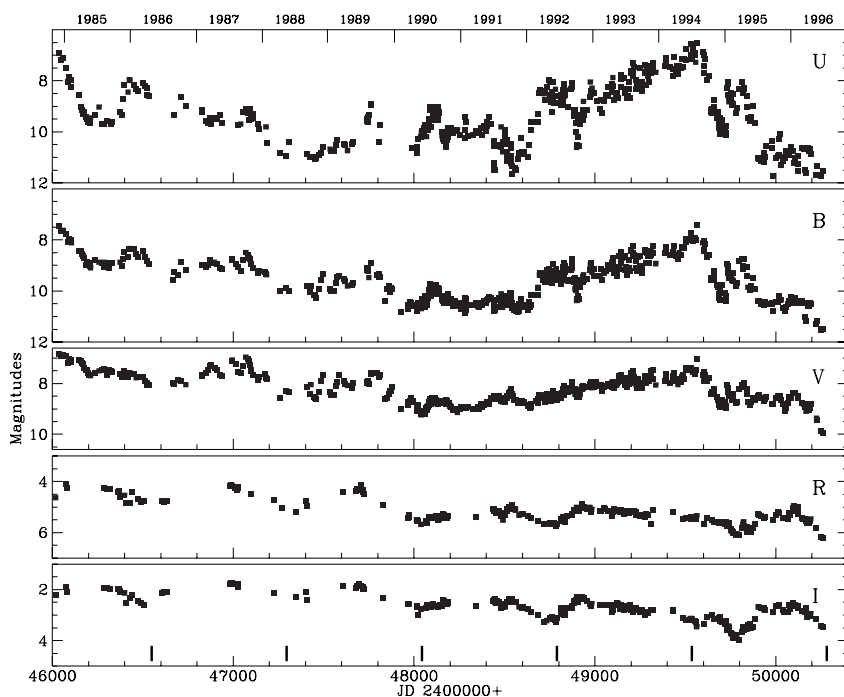
Druhý den konference zahájil Oscar Demircan přednáškou o analýze změn period algolid. Poté vystoupil A. Erdem s příspěvkem o kontaktním systému GK Cep, jemuž se věnoval na Ege University Observatory. Nově spočetl světelné elementy, model soustavy a upozornil na možnost existence třetího tělesa v systému.

Přednáška T. Hegedüse patřila k nejzajímavějším na celé konferenci. Mluvil o *sekundárních efektech*, které mají vliv na tvar světelné křivky, a o jejich významu ve stelární astrofyzice. Představil projekt fotometrického satelitu Rømer/MONS (obr. 33), v jehož pozorovacím programu bude i několik desítek zákrytových systémů. MONS bude produkovat data s přesností 10^{-6} mag (to není překlep!). Díky tomu bude možné studovat doposud nepozorovatelné jevy: nezákrytové systémy, u nichž jsou změny jasnosti způsobeny jen deformací tvaru komponent, odchylky tvaru od Rocheovy geometrie (způsobené např. tlakem záření horké složky), přesný průběh okrajového ztemnění, diferenciální rotaci, hvězdné pulzace (a jejich zesilování nebo zeslabování při přiblížení složek).

Po obědě pokračoval D. E. Mkrtichian o pulzujících složkách EA systémů. Bývají to většinou hvězdy hlavní posloupnosti spektrální třídy M, někdy typu δ Scuti. Nejvíce studovanou hvězdou tohoto typu je RZ Cas (je i v programu B.R.N.O. a je velmi jasná). Dále hovořil o kampani AS Eri, která odhalila její pulzační periodu; uvedl také různé typy pulzací. Dalším přednášejícím byl Miloslav Zejda, který hovořil o *CCD fotometrii slabých zákrytových dvojhvězd* v Brně. Jde o hvězdy klesající k 15 až 16 mag, které nejsou ve světě sledované.

H. Rovithis–Livaniová pohovořila o *multiplicitě v binárních systémech*. Představila nový katalog 612 vícenásobných hvězd. (V $O-C$ diagramu může signalizovat přítomnost třetího tělesa zejména light-time efekt, tj. systematické zpoždování a předcházení minim, sinusovitý průběh. Pro tyto účely je však nutné mít pro danou hvězdu desítky let dlouhé datové řady.) Pokračoval Marek Wolf s přednáškou *10 let pozorování EEB hvězd v Ondřejově*. K tomuto účelu zde slouží 2 m dalekohled pro spektroskopii a 0,6 m dalekohled pro fotometrii.

EEB hvězdy jsou algolidy s eliptickými orbitami ($e \geq 0,4$). U některých systémů (např. DI Her, AS Cam) pozorujeme relativistické stáčení periastra. Lenka Šarounová představila on-line databázi ondřejovských CCD minim (najdete je na adrese <http://nyx.asu.cas.cz/~lenka/dbvar>). Příspěvek M. Brože, M. Navrátila a M. Lehkého pojednával o pozorování EQ Tau a jiných EB pozorovaných na HPHK pomocí 25 cm reflektoru a CCD ST-5 (podrobněji viz následující článek). Na závěr dne byl ještě nachystán zvláštní program: koncert Komorní dechové harmonie Brno pod vedením dirigenta D. Marečka a uměleckého vedoucího Z. Mikuláška (též ředitele hvězdárny a planetária v Brně).



Obr. 8 — Světelná křivka CH Cyg v období 1985 až 1996. Převzato z publikace Mikolajewski, M., aj.: *CH Cyg a tenth magnitude star!* IBVS, 4368, 1996.

V sobotu se mnohým z nás nechtělo vstávat, ale kdo nechtěl propást možná nejlepší přednášku celé konference, vstát prostě musel. J. Mikolajewská totiž mluvila o *symbiotických hvězdách* a jejich optickém a blízkém IR monitoringu. Symbiotické hvězdy jsou soustavy, kde primární složkou je horký trpaslík a sekundární chladný obr třídy M. Z obra přetéká hmota (silným hvězdným větrem nebo vyplněným rocheovským lalokem) na trpaslíka a vytváří kolem něj akreční

disk. Rozlišujeme dva druhy symbiotických hvězd. S-typ s periodou oběhu 1 až 10 let (asi 80 % známých soustav). Zbýlých 20 % připadá na typ D, kde chladný obr je mirida, oběžná perioda je zřejmě mnohem delší než 10 let a v soustavě se pozoruje velké množství prachu. U symbiotik rozlišujeme několik druhů proměnnosti. Jedna skupina světelných změn má obvyklý geometrický původ: jsou to zákryty, efekt odrazu a proměnnost způsobená deformovaným tvarem obra. Proměnnost fyzická je způsobena pulzacemi obra, skvrnami na jeho povrchu a prachem v jeho atmosféře. Další možností jsou občasná vzplanutí při překročení kritického množství hmoty v akrečním disku. Aktivita primární složky může být příčinou vzplanutí velmi pomalé novy, rekurentních vzplanutí, vzplanutí typu Z And, nebo proměnnosti typu CH Cyg. Akreční disk může produkovat také rentgenové záření. Detailně byla popsána proměnnost CH Cygni v různých spektrálních oborech (obr. 8). V oboru *U* jsou změny jasnosti, resp. flickering, způsobeny horkým bílým trpaslíkem, resp. horkou skvrnou v místě dopadu hmoty na disk. V oboru *V* stojí za variabilitou pulzace chladné složky. Byl prezentován nový katalog symbiotických hvězd. J. Mikolajewská také představila kampaň YY Her, která je „konkurenční“ ke kampani u nás a na Slovensku.

Další přednáška byla prezentací výsledků česko-slovenské kampaně na pozorování YY Her, na níž se podílelo mnoho pozorovatelů; přednesl ji Karol Petrik. (Výsledky budou k dispozici v Cirkuláři MEDÚZY č. 23.) L. Hric z astronomického ústavu SAV pak pokračoval obecně o fenoménu vzplanutí kataklyzmických proměnných; mezi tyto hvězdy patří supernovy, novy, novám podobné hvězdy a trpasličí novy. Vojtěch Šimon přednášel o trpasličích novách, rentgenových zdrojích a jejich dlouhodobé proměnnosti.

Opoledne jsme se odebrali do muzea J. G. Mendela, kde jsme si prohlédli expozici věnovanou Mendelovým genetickým experimentům. Viděli jsme také hvězdářský mimoosový dalekohled, pomocí kterého zakresloval sluneční fotosféru.

Počasí nám přálo, a tak jsme po setmění pokračovali pozorováním. Na brněnské „čtyřicítce“ probíhala fotometrie V471 Tau, na „šedesátce“ se měřila standardní pole, Pavol Dubovský a Tomáš Kubec pozorovali vizuálně.

Poslední ráno přednášel maďarský astronom L. Kiss *o roli amatérů ve výzkumu dlouhoperiodických proměnných hvězd*. Hlavní přínos amatérských pozorovatelů vidí v tom, že mapují chování těchto hvězd velmi dlouhou dobu. Dlouhé pozorovací řady jsou nezbytné např. pro studium jejich multiperiodicity. Zmínil se také o metodách redukce datového rozptylu. (Podobnému tématu se věnoval i na svém posteru, na němž spolupracoval Petr Sobotka.) T. Gráf pohovořil o *spektroskopii uhlíkových hvězd* (tj. mirid a hvězd typu SR).

Konferenci uzavřel Jiří Grygar přehledovou přednáškou *o novinkách v astrofyzice 2000/2001*. Věnoval se hlavně extrasolárním planetám, hnědým trpaslíkům, vzniku a vývoji hvězd. Mezi nejpodstatnější objevy patří např. pot-

vrzení velké vzdálenosti objektu TMR-1C v souhvězdí Býka, který se jevil jako unikající hnědý trpaslík na konci filamentu zárodečné mlhoviny. Ve skutečnosti se však jedná o červeného trpaslíka spektrálního typu M, který leží za mlhovinou. Během sedmi let bylo objeveno 80 extrasolárních planet, a to pouze u 1 % hvězd, u kterých byly hledány. (Po vypuštění astrometrické družice GAIA, v roce 2011, se očekává objevení řádově miliónu dalších extrasolárních planet.) Objekt *v* And je zatím jediný známý systém s více planetami. Podle dynamické studie jsou dráhy jeho tří planet stabilní na časové škále 1 miliarda let. U hvězdy HD 209458 byl pozorován přechod planety přes disk — jasnost hvězdy poklesla o 0,02 mag. Hvězda ζ Lep má spektrální typ A3, hmotnost $2 M_{\odot}$ a svítivost $15 L_{\odot}$, je stará méně než 400 milionů roků. Vykazuje prachový pás na 6 AU, o teplotě 350 K a hmotnosti asi 100 krát větší než asteroidální pás ve sluneční soustavě. Systém zřejmě vypadá podobně jako naše sluneční soustava asi 100 milionů let po svém vzniku. Nové výpočty hvězdných niter ukazují, že tok F_{ν} neutrin je úměrný 25. mocnině centrální teploty T_c . (To znamená, že i při řádovém odhadu F_{ν} pro Slunce jsme schopni určit jeho T_c s relativní chybou menší než 0,1 %.) Velmi překvapivý byl objev nejjasnější zákrytové proměnné hvězdy na obloze! Je to δ Velorum, s amplitudou 0,3 mag. (Na objevu se kuriózně podílela i družice Galileo, která se kvůli odlišné jasnosti hvězdy chybně zorientovala.) Mira (*o* Cet) má za průvodce bílého trpaslíka. Postupně probíhá zpracování dat z robotického dalekohledu ROTSE, které by mělo poskytnout na 30 tisíc nových proměnných hvězd.



Obr. 9 — Hromadné foto účastníků mezinárodní konference o výzkumu proměnných hvězd před Hvězdárnou a planetáriem Mikuláše Koperníka v Brně.

Letošní konference se opravdu vydařila, položila základy nové budoucí mezinárodní spolupráce při pozorování proměnných hvězd a určitě byla přínosem pro všechny zúčastněné. Nezbyvá, než se těšit na tu příští.

Na Mezinárodní konferenci o výzkumu proměnných hvězd, která se konala v Brně 8. až 11. 11. 2001, jsme přednesli dva příspěvky: *EQ Tau and other eclipsing binaries observed at HPHK* a poster *Variables above Hradec Králové*. První příspěvek zde přetiskujeme (v krácené verzi), druhý je ke stažení mezi publikacemi na našich WWW stránkách <http://www.astrohk.cz/science.html>.

Telescope, CCD camera and software:

- reflector 25 cm, $f/5$ and SBIG PixCel 255 (ST-5C), 320×240 pixels, filters V, R, I
- multicolor auto-grab software *ag* for controlling ST-* cameras
- reduction by *Munipack* [9] with xebm graphical frontend

EQ Tau — Basic characteristics:

- EQ Tau = HV 06189, close eclipsing binary, classified as EW/KW (W UMa)
- amplitude 10.9 – 11.6 mag (V), period approx. 0.34 day
- variable period* (see Figure 10), mass transfer between components or mass loss

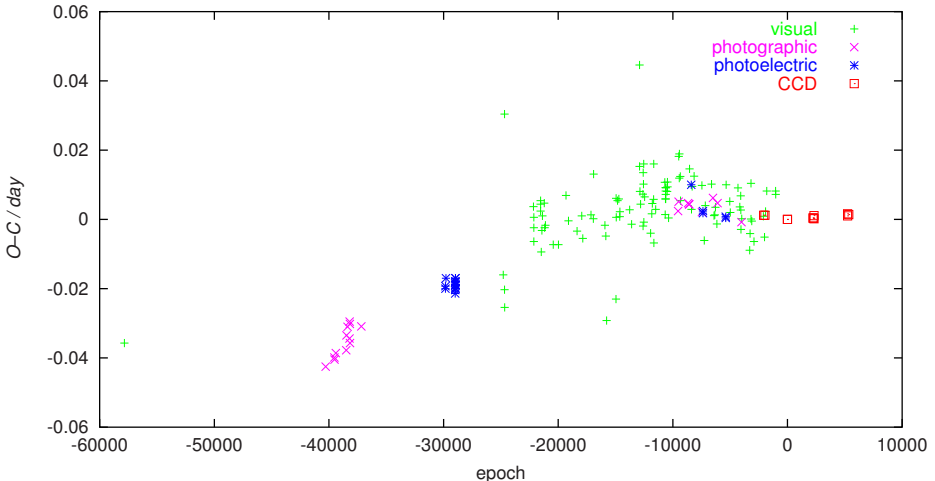


Fig. 10 — $O-C$ plot of EQ Tau for ephemeris $\text{Min. I} = 2450397.0957 + 0.3413471 \times E$.

Research history:

- Whitney (1972): 12 photoelectric measurements, discovery of variable period
- Götz and Wenzel (1970): spectral type G2

- Baldwin and Samolyk (1993, 1998): mainly visual minima timings (AAVSO)
- Bendow and Mutel (1995), Buckner aj. (1996), Lubcke (1995, in [1]): CCD observations
- Říháněk (1999): CCD observations (V and R bands), computation of a model
⇒ overcontact system with a spot
- Qian and Ma (2001): new (quadratic) ephemeris, observed period decrease 1.6 s/century, binary star does not fulfill mass–radius relation (see Figure 11)
⇒ not in contact (or near-contact)?

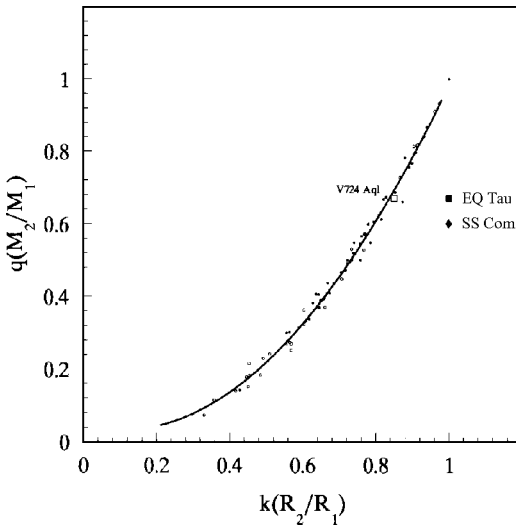


Fig. 11 — Mass–radius relation for 78 contact binaries (Qian and Ma, 2001). Position of EQ Tau is based on Brancewicz and Dworak (1980) model.

New observational data:

- approx. 3000 lightcurve points in V, R, I filters (see Figure 13)
- included also measurements by Šarounová and Wolf (2001), refl. 65 cm, $f/3.5$ at Ondřejov observatory
- comparison star GSC 1260.0575, check star GSC 1260.1074
- amplitude 0.7 mag (V), not equal depth of minima (primary is by 0.1 mag deeper)
- no systematic changes of $V - R$ and $R - I$ color indices (Figure 12)

Model of EQ Tau:

- program Nightfall 1.0 [14] (numerical methods: simplex and “simulated annealing”)
- parameters: T_1 fixed, fitted q , i , T_2 , F_1 , F_2 (and spot), no third light; results in Table 1a and Figures 14 and 15

	(a) Nightfall	(b) BM
q	0.44 ± 0.01	0.44
i	$(88 \pm 1)^\circ$	88°
T_1	5900 K	5900 K
T_2	(5785 ± 10) K	5850 K
F_1	(1.04 ± 0.01)	1.1
F_2	–	–
R_1	(0.436 ± 0.005)	0.46
R_2	(0.302 ± 0.005)	0.32

Tab. 1 — Basic parameters of EQ Tau as determined by (a) program Nightfall 1.0 and (b) Binary Maker 2.0, (Říháněk, 1999). q is mass ratio, i inclination, T_1 , T_2 temperatures of primary and secondary, F_1 , F_2 filling factors, R_1 , R_2 radii of components.

- program FOTEL3 [8] (approximation by spheres or triaxial ellipsoids), optimization does not converge for this contact binary system
- comparison with model computed by Říháněk (1999) using Binary Maker 2.0 (Table 1b): about the same mass ratio q and inclination i , slightly lower T_2 , filling factor F and radii R_1 , R_2
- the fit could be slightly improved by adding a cold spot
- filling factor $F = (1.04 \pm 0.01)$, ie. *overcontact system*
- no reasonable solution with filling factor lower than 1
- mass-radius relation: $q = M_2/M_1 = 0.44$, $k = R_2/R_1 = 0.69$, what fulfill the relation

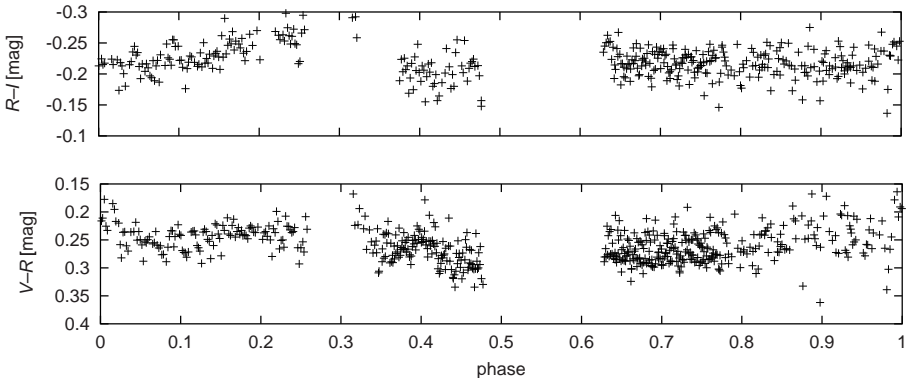


Fig. 12 — $V-R$ and $R-I$ color indices during one orbital period of EQ Tau.

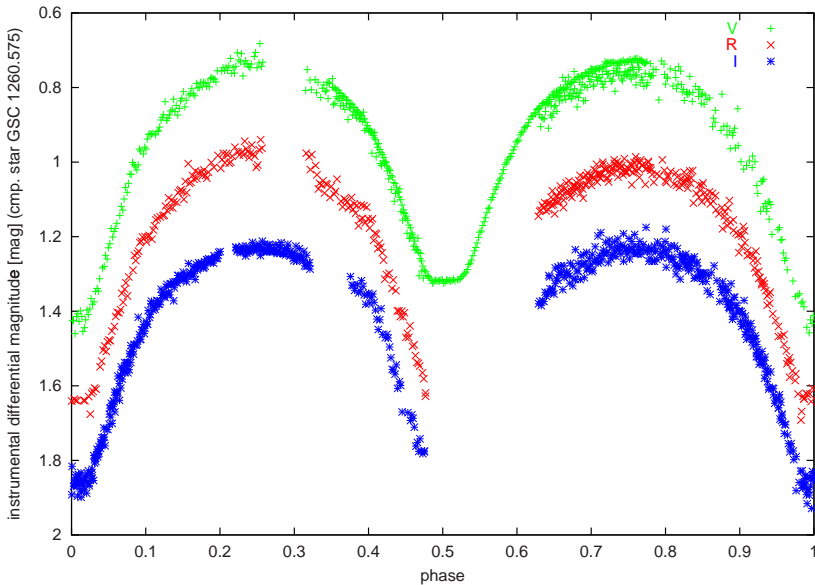


Fig. 13 — Lightcurve of EQ Tau folded with orbital period 0.3413471 day; three filters V, R and I. Only points selected for modelling are shown.

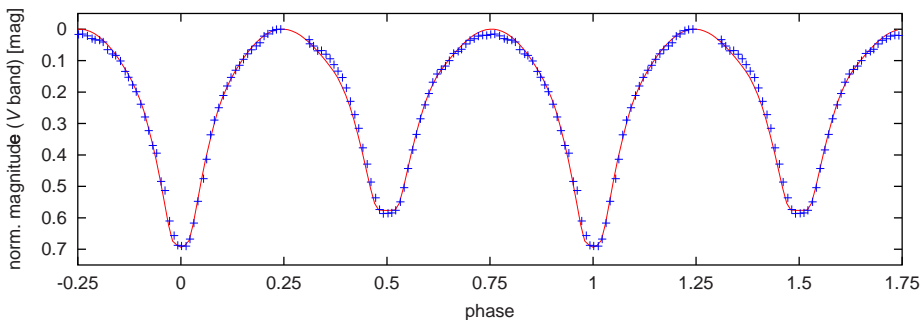


Fig. 14 — Comparison of fitted averaged data (points) and model lightcurve (solid line); residuals approx. 0.02 mag. Parameters of the binary system are those in Table 1a.

Conclusions:

- models of EQ Tau system, calculated by two different programs, are consistent
- measurements of *radial velocities* of EQ Tau are needed to determine masses and radii of components

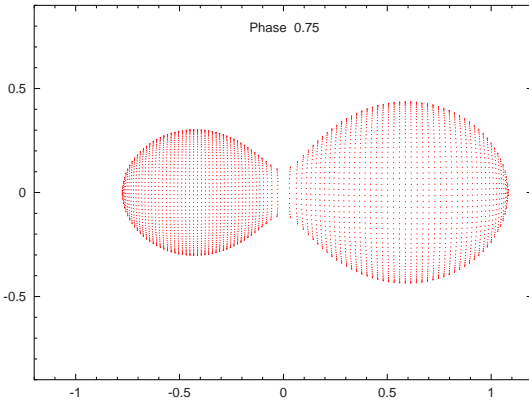


Fig. 15 — Surface model of the binary EQ Tau at phase 0.75.

References:

- [1] Baldwin, M., Samolyk, G.: *AAVSO observer minima timings of eclipsing binaries*. **1**, 44, 1993.
- [2] Baldwin, M., Samolyk, G.: *AAVSO observer minima timings of eclipsing binaries*. **3**, 44, 1998.
- [3] Bendow, W. R., Mutel, R. L.: *Eclipse observation of EQ Tau*. IBVS 4187, Budapest, 1995.
- [4] Brancewicz, H. K., Dworak, T. Z.: *A catalogue of parameters for eclipsing binaries*. *Acta Astronomica*, **30**, 4, p. 501–524, 1980.
- [5] Buckner, M., Nellerhoe, B., Mutel, R.: *Eclipse timings observations of three close binaries*. IBVS 4559, Budapest, 1998.
- [6] *Eclipsing Binaries Minima Database*.
<http://www.oa.uj.edu.pl/ktt/ktt.html>
- [7] Götz, Wenzel: *Mitteilungen über Veränderliche Sterne*. Band **5**, Heft 4, 6, Sonnenberg, 1970.
- [8] Hadrava, P.: *FOTEL3*. <ftp://sunstel.asu.cas.cz/pub/FOTEL/>, 1993.
- [9] Hroch, F., Novák, R.: *Munipack*. <http://munipack.astronomy.cz>, 2001.
- [10] Kholopov P. N. aj.: *General Catalogue of Variable Stars*. 4th Ed., **I-III**, Moscow, 1988.
- [11] Qian, S., Ma, Y.: *Period studies of neglected close binaries*. *PASP*, **113**, p. 754–763, 2001.
- [12] Říháněk, P.: *CCC photometry of close binary EQ Tau*. Diploma thesis, Charles univ., 1999.
- [13] Whitney, B. S.: *The period of EQ Tau*. IBVS 633, Budapest, 1972.
- [14] Wichmann, R.: *Nightfall 1.0*. 2000
<http://www.lsw.uni-heidelberg.de/~rwichman/Nightfall.html>

Vzhledem k silné inverzi, která panovala nad polabskou nížinou, jsme se museli přesunout do nedalekých Orlických hor. Byla to typická „hurá akce“ na poslední chvíli. Kolem dvaadvacáté hodiny zavolal Pepa Kujal na šerlišskou Masarykovu chatu. No a po krátkém rozhovoru se dozvěděl, že je na hřebeni jasno. To byl ten pravý impuls k rychlému jednání! Kvapně jsme připravili všechny potřebné věci na přežití a úderem půlnoci 18. listopadu jsme opustili Hradec Králové. Ve sprintujícím autě se nacházela „banda nadřzených astronomů“ ve složení Míra Brož, Pepa Kujal, Martin Lehký a Martin Navrátil.

Cesta ubíhala velmi rychle a mířila stále vzhůru. Za Dobruškou jsme se vnořili do mlhy (inverzní oblačnosti), tak husté, že by se dala krájet. Nedlouho poté jsme si všimli, že začínají být vidět hvězdy a při příjezdu do Deštného bylo již zcela jasno. Náhdera! Deprimovala nás jen teplota, zvláště když Martin Navrátil poctivě hlásil každý půlstupňový pokles na digitálním teploměru. Dole v Deštném bylo téměř -9°C , ale nakonec se vše v dobré obrátilo. Při závěrečném strmém výjezdu jsme jak nůž máslem protínali teplotní vrstvy inverze a na vrcholku bylo jen -3°C .

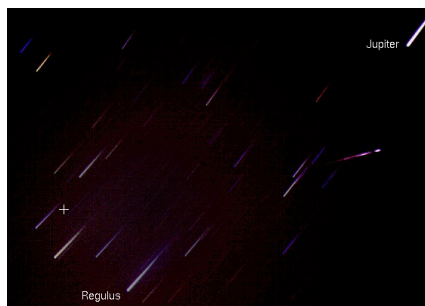
Za pozorovací stanoviště jsme si vybrali lehce zasněženou loučku na Šerlišském sedle (990 m n. m.). Ulehli jsme do spacáků a začli lehce omrzat. Již zmíněná příjemná teplota poklesla do rána asi na -5°C . Vskutku to byl nevšední pohled jak veškeré věci, včetně vlasů, mění barvu a pokrývají se běloskvoucí vrstvičkou ledových krystalků. Možná tomu přispěl i slabý větrík. Avšak v každém případě se to vyplatilo. Odměnou byla fantastická tmavá obloha s průměrným MHV 7,0 mag. Snad jediným „mínusem“ bylo *zodiakální světlo*, které nad ránem dosti rušilo.

Asi od 0 h 20 min UT až do svítání jsme fotografovali. Bohužel, někteří jen chvilku, než jim zamrzl aparát. Já jsem navíc prováděl statistické sledování a měl jsem plné ruce práce, Leonidy totiž létaly o sto šest. Za 2,15 hodiny čistého času (po odečtení přestávek a prodlev při zapisování) jsem zaznamenal 180 meteorů, z toho 156 Leonid, 3 Tauridy a 21 sporadických. Zvláště k ránu prudce stoupala frekvence — v posledním intervalu mezi 4 h 9 min a 4 h 39 min UT proletělo za 0,38 hodiny 46 Leonid. Některé i ve sprškách, třeba tři najednou. Nebo předvedly „rozstřel“, z radiantu se současně rozlétly na různé strany a člověk nevěděl, kam se má dříve dívat. Během noci jsme spatřili také několik úžasných bolidů, které dokázaly osvětlit krajinu a zanechávaly několikaminutové stopy.

Nejjasnější a naprosto nejužasnější byla Leonida, která proletěla zhruba ve 3 h 19 min 30 s UT. Všechny přítomné naprosto šokovala a paralyzovala. Na 2 až 3 sekundy oslnila krajinu a bylo světlo jako ve dne (měla jasnost kolem -15 až -17 mag). Po přeletu zůstala výrazná červenožlutá stopa s modrofialovým koncem ve směru letu (obr. 35). Její jasnost jsem odhadl minimálně na -2 mag, délku

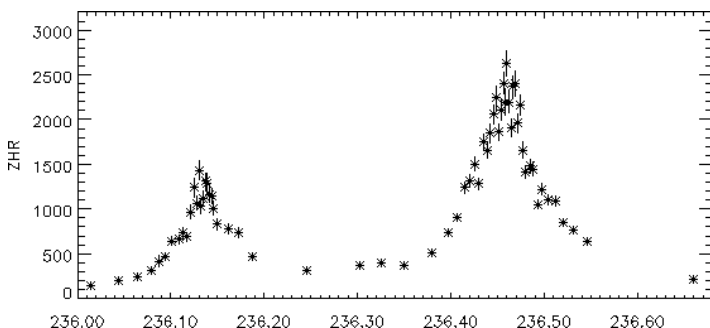
asi na 15° . Po několik sekund zůstala nehnutě stát. Když trochu zeslábla začala se měnit. V pravé části se vytvořila úžasná smyčka, postupně přešla v nepravidelný oválek s jasnou spodní částí a tato přetrvávala nejdéle. Trochu se zalomila a nabrala definitivní tvar dvojobloučku připomínajícího písmeno W. Postupem času stopa stále více slábla, natahovala se a klesala k východnímu obzoru. 24 minut po přeletu dosáhla délky přes 80° a rozkládala se od Malé Medvědice až do Lva. Poslední jisté pozorování zbytku stopy je z období asi 30 minut po přeletu.

Jak jsme se později dozvěděli, byl tento nevšední bolid sledován z mnoha míst naší republiky a také ze Slovenska. Kamil Hornoch v Lelekovcích jej měl nad severním obzorem, u nás byl téměř v zenitu a Luboš Brát v Peci pod Sněžkou hlásí, že byl nedaleko radiantu. Snadno se tedy dá vystopovat jeho skutečná trajektorie v atmosféře. Přišlo i jedno „nepřímé“ hlášení od Sečské přehrady: Petr Horálek si všiml v inkriminovaný čas záblesku. Že by bolid prosvítl i oblačnost?

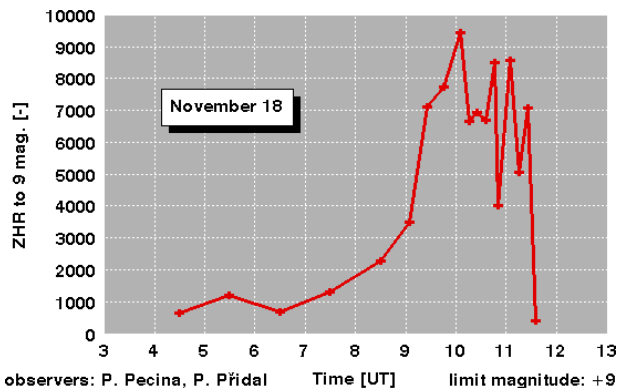


Obr. 16 — (a) Čtveřice pozorovatelů v ranní mlze po východu Slunce. (b) Leonida zachycená v intervalu od 2 h 55 min do 3 h 30 min SEČ. Fotografováno širokouhlým objektivem 2,8/29, na materiál Fomachrom 100. Autor Martin Navrátil.

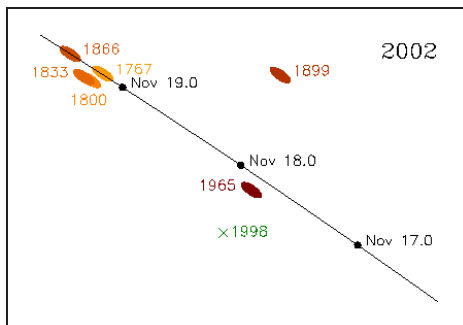
Těsně po začátku svítání se obloha během krátké chvílky zcela zatáhla inverzní oblačností z polské strany. Vpadla nám nečekaně do zad. Nebyla však vysoko, a tak jsme se přeci jen odhodlali k plánovanému rannímu výletu. Hustou mlhou jsme se prodírali vzhůru na nejvyšší vrchol Orlických hor, Velkou Deštnou (1115 m n. m.). A vyplatilo se to. Vrcholek ležel přesně na hraně polské inverze, která přes hřeben přepadala k nám. Při východu Slunce se nám tak otevřel nádherný pohled, až k obzoru byla celá Česká kotlina vyplněna nízkou inverzí sahající tak do 800 m a připomínala načechranou peřinku. Jen skočit. Skvělý dojem umocňovalo šikmé osvětlení, hra světél, barev a stínů. Lepší závěr akce jsme si vskutku nemohli přát.



Obr. 17 — Výsledky vizuálních pozorování z IMO zachycující celkový průběh letošní aktivity Leonid. Polohy maxim odpovídají předpovědím, jen zenitové frekvence jsou nižší než byly očekávané.



Obr. 18 — Předběžné výsledky pozorování nástupu prvního maxima činnosti Leonid Ondřejovským meteorickým radarem. Výkyvy po 10 h UT jsou dány velkou chybou v odečítání počtu meteorů způsobenou malou výškou radiantu nad obzorem. Neodpovídají tedy skutečným změnám aktivity.



Obr. 19 — Na schématu je zobrazena rovina, ve které obíhá Země kolem Slunce. Malé elipsy jsou průsečíky jednotlivých vláken roje s touto rovinou, křížek vyznačuje průsečík dráhy komety 55P/Tempel-Tuttle a čára dráhu Země v roce 2002. Země i letos prochází dvěma silnými vlákny a můžeme tedy očekávat opět velkou aktivitu roje. Bohužel ale letošní pozorování bude velmi rušeno svitem Měsíce.

Nejprve uvedeme správné odpovědi na 10 otázek z minulého čísla Povětroně a pak je teprve podrobněji vysvětlíme: 1d, 2c, 3b, 4a, 5b, 6c, 7a, 8b, 9c, 10d.

1d) Slunce se neotáčí rychleji než planety.

V tab. 1 jsou uvedeny rotační doby pro planety. Slunce se vyznačuje diferenciální rotací — na rovníku rotuje nejrychleji, s periodou 25,7 dne, na heliografické šířce 75° nejpomaleji, jednou za 33,4 dne. Navíc jsme dnes pomocí helioseismologických metod schopni pozorovat proudění plazmy i pod viditelným povrchem Slunce (viz obrázky na titulní straně). Pouze planety Merkur a Venuše rotují pomaleji než Slunce. U Merkuru byla pomalá rotace zřejmě vynucena slapovými silami Slunce, které původně rychlou rotaci zabrzdily na dnešní hodnotu 58,6 dne.¹ Venuše se otáčí jednou za 243 dní, a navíc retrográdně, což mohlo být způsobeno nějakým velkým necentrálním impaktem, který výrazně snížil její rotační energii.

	a/AU	e	$i/^\circ$	T/rok	P	$\gamma/^\circ$	M/kg
Merkur	0,3871	0,20563	7,0048	0,24085	58,6462 d	0,1	$3,302 \cdot 10^{23}$
Venuše	0,7233	0,00676	3,3945	0,61521	243,02 d	177,4	$4,865 \cdot 10^{24}$
Země	1,0004	0,01712	0,0007	1,00004	23,9345 h	23,45	$5,974 \cdot 10^{24}$
Mars	1,5237	0,09332	1,8496	1,88089	24,6230 h	6,67	$6,419 \cdot 10^{23}$
Jupiter	5,2046	0,04877	1,3047	11,86223	9,9250 h	3,12	$1,898 \cdot 10^{27}$
Saturn	9,5820	0,05572	2,4854	29,45772	10,6562 h	26,73	$5,685 \cdot 10^{26}$
Uran	19,2294	0,04440	0,7724	84,01312	17,240 h	97,86	$8,683 \cdot 10^{25}$
Neptun	30,1037	0,01121	1,7682	164,79395	16,110 h	29,56	$1,024 \cdot 10^{26}$
Pluto	39,2642	0,24467	17,1515	248,4302	6,3872 d	119,6	$1,32 \cdot 10^{22}$

Tab. 1 — Oskulační orbitální elementy (velká poloosa a , excentricita e , sklon dráhy k ekliptice i), siderická doba oběhu Slunce T , rotační perioda² P , obliquita γ (tj. sklon rovníku k rovině oběžné dráhy) a hmotnost M pro planety.

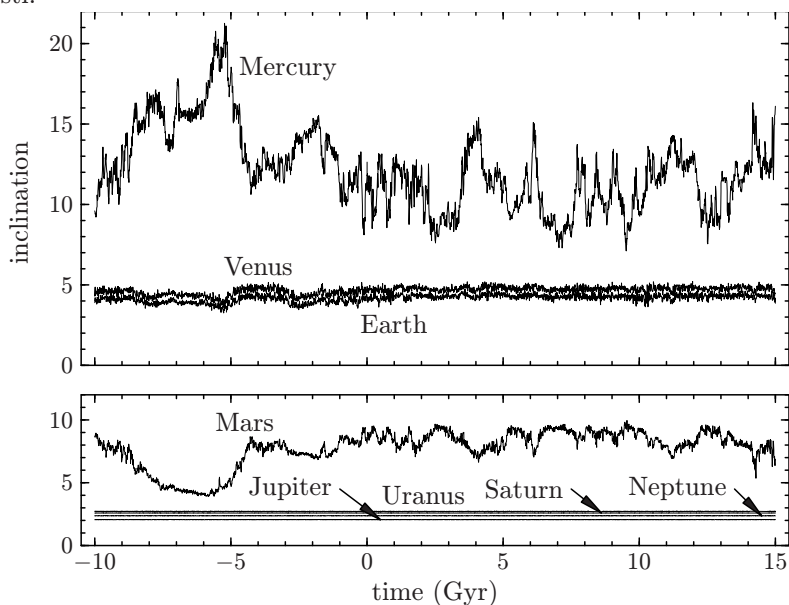
Ostatní dynamické charakteristiky sluneční soustavy již byly správné. Jak zjistíme nahlédnutím do tab. 1, vzájemné sklony rovin, ve kterých leží orbity jednotlivých planet, dosahují jen několika stupňů (pouze Pluto je se sklonem k ekliptice 17° výjimkou). Pokud bychom však zkoumali dlouhodobý vývoj planetární soustavy, zjistíme, že u Merkuru a Marsu se mohou sklony měnit výrazněji (obr. 20).

¹ Merkur je v 3:2 spin-orbitální rezonanci, tj. za dva oběhy kolem Slunce se přesně 3 krát otočí kolem své osy. Dodnes však není jasné, jakým způsobem se dostal do této 3:2 rezonance, když se postupně zbrzdňování mohlo zastavit třeba už ve 2:1 rezonanci, na 44 dnech.

² U velkých planet se jedná o rotační periodu jádra planety, atmosféra rotuje s odlišnou periodou, která závisí i na planetografické šířce.

Hmotnost Slunce ($1,989 \cdot 10^{30}$ kg) i hmotnosti jednotlivých planet (tab. 1) jsou známé poměrně přesně.³ Hmotnost asteroidálního pásu odpovídá asi hmotnosti Měsíce, populace Trojanů je na tom obdobně. Pozorovaný Kuiperův pás mezi 30 a 50 AU má přibližně hmotnost Merkuru, při odhadu populace do 1000 AU může mít hmotnost řádově $10 M_{\oplus}$. Oortův oblak obsahuje přibližně $2,4 \cdot 10^{26}$ kg, tj. $38 M_{\oplus}$. Slunce tedy celkem obsahuje více než 99,9 % hmotnosti celé sluneční soustavy.

Planety, stejně jako většina ostatních menších těles, obíhají okolo Slunce stejným směrem. Dokonce i otáčení planet kolem svých os probíhá většinou ve stejném smyslu. Původ tohoto pozorování musíme hledat ve vzniku sluneční soustavy z (rotujícího) plynoprachového oblaku a zachování jeho celkového momentu hybnosti.⁴



Obr. 20 — Numerická simulace ukazující vývoj sklonů drah planet k ekliptice na časové škále ± 10 miliard let (Laskar, J., *Astron. Astrophys.*, **287**, 1994). V grafech jsou vyneseny hodnoty sklonu středované přes ~ 1 milion let (proto je sklon dráhy Země asi 5° , i když v současnosti je oskulační hodnota sklonu menší). Přesné polohy planet není možné spočítat na tak dlouhé časové škále (kvůli chaotickému vývoji drah), ale alespoň je možné usuzovat na maximální amplitudy změn orbitálních elementů.

³ Největším zdrojem chyb je nepřesnost určení gravitační konstanty v Newtonově zákoně.

⁴ Zavedeme-li kartézskou souřadnicovou soustavu tak, že její osa z má stejný směr jako celkový moment hybnosti oblaku, potom má opačně rotující planetesimála i opačné znaménko z -složky svého vektoru momentu hybnosti.

2c Z hlediska obecných fyzikálních vlastností jsou si nejvíce podobné planety a meteority.

Zatím jsme sice neměli možnost přímo porovnávat vzorky asteroidů s meteority⁵, ale na základě podobnosti jejich spekter usuzujeme, že většina meteoritů pochází právě z asteroidů. Dokonce se podařilo identifikovat mateřské asteroidy pro určité typy meteoritů: (4) Vesta a HED meteority, asteroidy rodiny Eos a chondrity CO3, (6) Hebe a H chondrity, (19) Fortuna a CM2 chondrity, (3103) Eger a aubrity.

Komety a planety od sebe odlišují především tím, že komety obsahují značný podíl těkavých materiálů, ledů, které při zvýšení teploty na povrchu (při přiblížení ke Slunci) tají a vytvářejí kolem jádra komety komu, ohon a rozsáhlou řídkou vodíkovou obálku.

Pod pojmem meteoroidy si představujeme menší tělesa (řekněme o průměru 1 mm až 10 m). Ta v podstatě nejsou současnými technikami pozorovatelná v kosmu, na jejich fyzikální vlastnosti a chemické složení můžeme usuzovat při průletu zemskou atmosférou, kdy se projeví jako meteor. Většina meteorů, u nichž byla zaznamenána spektra, je však rojových, mají kometární původ (naproti tomu většina meteoritů pochází z asteroidů).

3b V čase vzniku sluneční soustavy existovala hmota ve formě pevné látky.

Už sama zárodečná mlhovina obsahovala metalická prachová zrníčka, tedy látku v pevném stavu. Prvky jako Mg, Si, Fe kondenzují už při vysokých teplotách, tedy i poměrně blízko Protoslunce.

Ostatní odpovědi vyplývají především z analýzy radioaktivních nuklidů, obsažených v meteoritech. Emise nebo absorpce záření organickými molekulami je pozorovatelná i v mezihvězdné látce, takže je zřejmě obsahovala i sama zárodečná mlhovina.

4a „Problém momentu hybnosti“ v mlhovinných modelech vzniku sluneční soustavy znamená, že Slunce by mělo rotovat rychleji.

Podle zákona zachování momentu hybnosti by mělo platit, že z pomalu rotujícího, ale obrovského mezihvězdného mračna, by mělo vzniknout kompaktní, rychle rotující Slunce. Jenže Slunce rotuje pomalu, což je zmiňovaný „problém“.

5b V mlhovinných modelech může být „problém momentu hybnosti“ vyřešen přenosem momentu hybnosti ze Slunce k planetám.

Stalo se tak v prvních miliónech let po vzniku Slunce, v době, kdy ještě planety nebyly zcela zformované a v okolí Slunce byla stále zárodečná plynoprachová mlhovina a planetesimály. Pouze v takovém relativně hustém prostředí lze efektivně transportovat moment hybnosti (např. kolizemi planetasimál, gravitačními

⁵ První kosmickou sondou, která má v roce 2007 dopravit na Zemi materiál z asteroidu 1998 SF₃₆ je MUSES-C (viz Povětroň 5/2001, str. 14).

slapy mezi zhuštěninami v mlhovině nebo výtrysky „poháněnými“ magnetickým polem).

Komentář k ostatním třem možnostem: kdybychom nějakým způsobem přenesli moment hybnosti z planet na Slunce, tak by se Slunce otáčelo rychleji — to je přesně opačný efekt, než potřebujeme. Slunce v počátečních stádiích svého vývoje nikdy nemělo tak silný sluneční vítr, aby mohl odnést podstatnou část momentu hybnosti.⁶ Komety se do Oortova oblaku dostaly zřejmě až gravitačním působením „hotevých“ velkých planet (tedy v době, kdy už byl moment hybnosti ze Slunce odnesen).

6c) Planety zemského typu obsahují velmi málo vodíku a helia, protože teploty byly příliš vysoké na to, aby zkondenzovaly.

Zárodky terestrických planet se nacházely příliš blízko Protoslunce, kde byla teplota plynu natolik vysoká, že vodík nebo helium nemohly zkondenzovat. Dokonce i v oblasti velkých planet Jupiterova typu byla stále vysoká teplota na kondenzaci těchto plynů, ale dostatečně nízká na to, aby mohl vzniknout vodní led.⁷ Na zárodky velkých planet tedy mohlo kromě kamenných planetesimál akreovat i velké množství planetesimál ledových, čímž vznikla jádra dostatečně hmotná (asi $10 M_{\oplus}$), aby mohla gravitačně nabalit okolní plyn. Tím se vysvětluje odlišná velikost i chemické složení planet terestrických a joviálních.

Původní mlhovina měla pochopitelně stejné složení jako hvězdy a mezihvězdná látka, obsahovala tedy přibližně 71 % vodíku a 27 % helia.

7a) Aby se vytvořily terestrické planety, musely se planetesimály akreovat a vytvořit protoplanety.

Z malých těles musely postupně vzniknout velké planety, nikoli opačně.

Dnešní „hlavní pás“ planetek, mezi 2,1 a 3,5 AU, nemá s formováním terestrických planet mnoho společného. Planeta normální velikosti se v této oblasti nevytvořila díky Prot Jupiteru. Gravitační rezonance s touto planetou totiž postupně dostávaly planetesimály na excentrické dráhy, ty se pak buď srážely se Sluncem, nebo křížily dráhy jiných planetesimál a Jupitera, čímž se populace těles v této oblasti snižovala. Možná tím byl zpomalen i růst planety Mars.

K roztavení samotných planetesimál zřejmě nedošlo. Přetaveny, a následně diferenciovány, byly až větší protoplanety. Potřebná tepelná energie měla původ jednak ve zmiňovaném rozpadu radioaktivních prvků, ale především v přeměně kinetické energie akreujících planetesimál a velkých impaktů.

8b) Narozdíl od formování terestrických planet, Jupiter mohl zkondenzovat spíše gravitačně než akrecí.

⁶ Pro srovnání: současná ztráta hmoty slunečním větrem činí méně než $10^{-13} M_{\odot}$ za rok.

⁷ Kyslíku bylo v zárodečné mlhovině více, než hořčíku, křemíku a železa dohromady. Bylo ho tedy dostatečné množství na to, aby kromě sloučenin s Mg, Si, Fe (tj. hlavní složky terestrických planet) mohla vzniknout i voda.

Scénář jeho vzniku jsme nastínili u otázky 6. Schéma je na obr. 22.

Jupiter se nemohl vytvořit při vyšší teplotě, neboť se nachází ve větší vzdálenosti od Slunce než terestrické planety. Jedná se také převážně o plynnou planetu, s ledovou složkou a malým kamenným jádrem. Celý vznik sluneční soustavy se pravděpodobně odehrál velmi rychle, asi za 10 miliard let. Vnitřní i vnější planety vznikaly současně, po zformování Protoslunce a protoplanetárního disku.

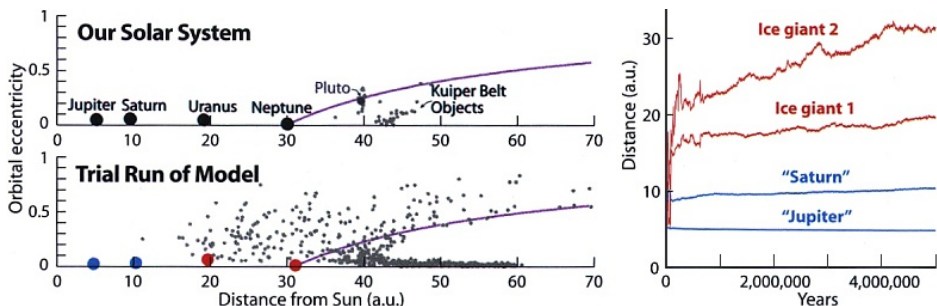
9c V mlhovinném modelu nastává postupně kolaps mlhoviny, přenos momentu hybnosti, formování protoplanet a rozptýlení mlhoviny.

Viz diskuzi k otázce číslo 5.

10d Pořadí ve vzdálenosti od Slunce si vyměňují Pluto a Neptun.

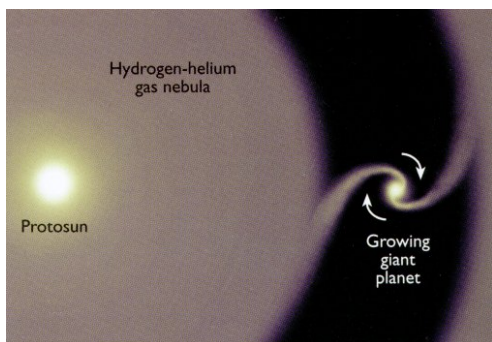
Pro periheliovou vzdálenost q a afelovou Q platí $q = a(1 - e)$, $Q = a(1 + e)$, kde a je velká poloosa dráhy a e excentricita. Dosadíme-li za a , e hodnoty z tab. 1, zjistíme, že jedině periheliová vzdálenost Pluta je menší než afelová vzdálenost Neptunu.⁸

Existují však také numerické studie, podle kterých mohly planety Uran a Neptun vzniknout v oblasti mezi Jupiterem a Saturnem (obr. 21); až později byly díky blízkým přiblížením k Jupiteru transportovány na současné dráhy. Čili z tohoto hlediska by mohla být správná i odpověď b).



Obr. 21 — Vznik Uranu a Neptunu v oblasti Jupiteru a Saturnu. Na obrázku je výsledek numerické simulace, porovnání se současnou podobou sluneční soustavy a časový vývoj vzdálenosti od Slunce. Uran a Neptun vznikající blíž ke Slunci by měly k dispozici dostatek materiálu. Teorie by také mohla vysvětlit současné (pozorované) rozložení těles v Kuiperově pásu, existenci tzv. rozptýleného disku. Obrázek byl převzat ze Sky & Telescope 4/2000. Podrobnější informace: Thommes, E. W., Duncan M. J., Levison, H. F., Nature, **402**, s. 635 – 638, 1999.

⁸ Ke kolizi těchto planet však přesto dojít nemůže, Pluto je totiž v 3:2 rezonanci (středního pohybu) s Neptunem, a to způsobuje, že se planety „vyhýbají“.



Obr. 22 — Kosmogonický model vzniku planety Jupiterova typu. Na ledovo–kamenné jádro (o hmotnosti 10 až 20 M_{\oplus}) se gravitačně akreuje okolní plyn. Planeta musela vzniknout velmi rychle, za 1 až 10 miliónů roků, předtím než se plynná mlhovina rozplynula. Ilustrace byla převzata z [1].

[1] Beatty, J. K., Petersen, C. C., Chaikin, A.: *The New Solar System*. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

A nyní k novým otázkám, tentokrát na „kometární“ téma. (Připomeňme ještě, že své odpovědi můžete poslat na adresu miroslav.broz@email.cz.)

1] Sonda Giotto proletěla okolo jádra komety Halley. Co na jádře nepozorovala?

- a) Má kulový tvar.
- b) Je velmi zaprášené a černé.
- c) Vykazuje plynné výtrysky.
- d) Je asi 10 km dlouhé.

2] Velká kometa, která prošla perihelem na začátku roku 1997, se jmenovala:

- a) Halley.
- b) Hale–Bopp.
- c) Hyakutake.
- d) Swift–Tuttle.

3] Plynný ohon komety směřuje podél:

- a) směru Země – Slunce.
- b) směru pohybu.
- c) spojnice Země – kometa.
- d) přímky spojující kometu a Slunce.

4] Prachový ohon komety směřuje:

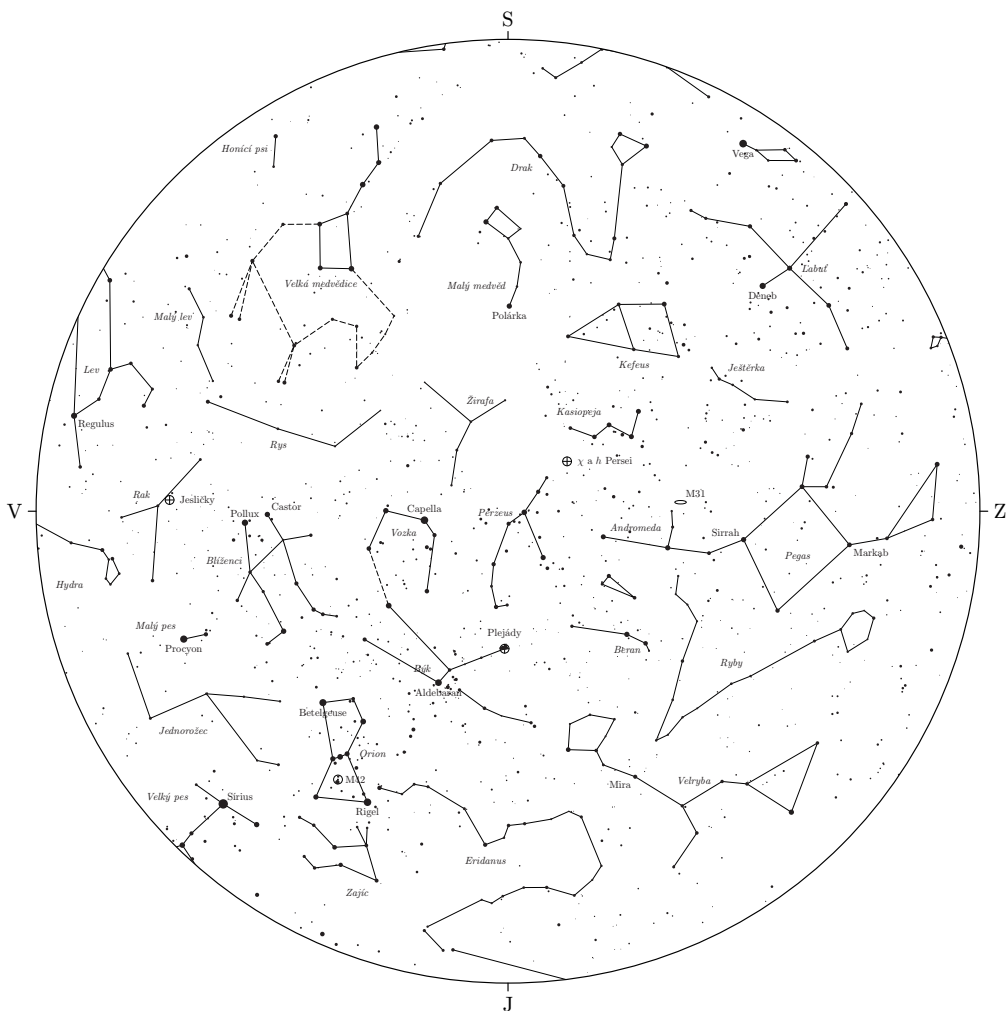
- a) podél směru Země – Slunce.
- b) podél přímky spojující kometu a Slunce.
- c) k nejbližšímu asteroidu.
- d) z větší části podél její trajektorie.

- 5** Kdybychom ze Slunce odtrhli kus hmoty a nechali jej zchladnout, získali bychom objekt s charakteristikami:
- černé díry.
 - meteoritu.
 - bílého trpaslíka.
 - komety.
- 6** Které tvrzení o kometách není správné?
- Halleyova kometa by se měla vrátit před rokem 2061.
 - Halleyova kometa patří mezi dlouhoperiodické komety.
 - Většina komet je dlouhoperiodických.
 - Krátkoperiodické komety mají také krátkou životní dobu.
- 7** Kvůli otáčení Země a oběhu naší Země kolem Slunce můžeme meteory nejlépe pozorovat:
- večer, po západu Slunce.
 - těsně před půlnocí.
 - po půlnoci.
 - po východu Slunce.
- 8** Halleyova kometa je pojmenována po Edmundu Halley, protože:
- on je prvním člověkem, který ji v roce 1662 pozoroval.
 - mu ji věnoval anglický král jako narozeninový dar.
 - předpověděl její návrat za 76 let.
 - zformuloval fyzikální zákony, které umožnily přepovědět její návrat.
- 9** Co je zvláštního na kometě Shoemaker–Levy 9?
- Její fragmenty se srazily s planetou Jupiter v červenci 1994.
 - Byla „vyhozena“ ze sluneční soustavy gravitačním působením Jupitera.
 - V příštím století se srazí se Sluncem.
 - Jde o mateřskou kometu meteorického roje Perseid.
- 10** Co bylo neobvyklé na kometě 1996 B2 Hyakutake v březnu 1996?
- Šlo o vůbec největší kometu pozorovanou na obloze.
 - Spadla na Jupiter a tím vytvořila v jeho atmosféře tmavé skvrny.
 - Mínula Zemi ve vzdálenosti pouhých 0,1 AU.
 - Srazila se Sluncem a vyvolala silnou sluneční erupci.

Děni na obloze v lednu 2002

Miroslav Brož

Planety a konjunkce. V lednu 2002 máme možnost pozorovat Merkur ve východní elongaci, nejlépe 5. až 15. 1. po 16 h 50 min, v azimutu asi 50°. 14. 1. nastane přiblížení Měsíce a Merkuru. Na večerní obloze je pozorovatelný ještě Mars v souhvězdí Vodnáře a Ryb, Jupiter v Blížencích a Saturn v Býkovi.



Obr. 23 — Obloha v polovině ledna 2002 ve 20 hodin SEČ.

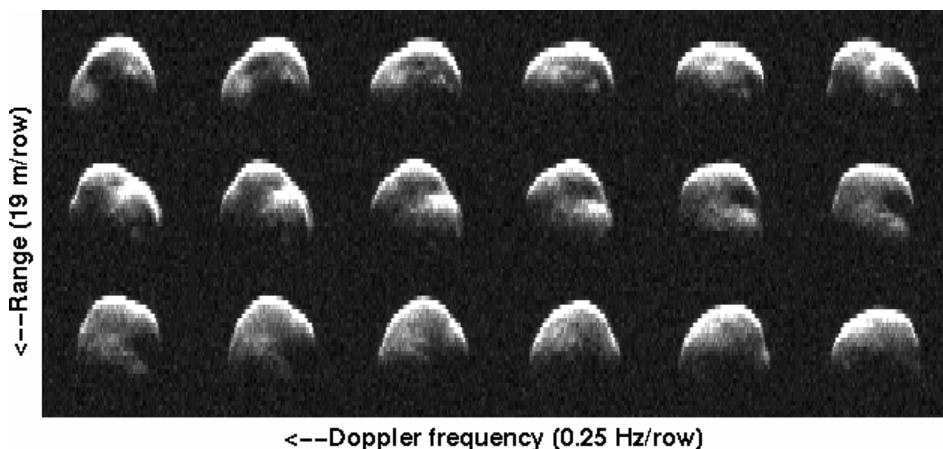
Zákryty. 14. 1. v 0 h 13,1 min UT zakryje planetka (516) Amherstia hvězdu HIP 36335 (7,62 mag). Stín by mohl přecházet i přes naše území; pokles magnitudy by pak měl činit 4,7 mag. Pro podrobnější informace a mapky viz [1].

[1] *Asteroidal Occultations*. <http://sorry.vse.cz/~ludek/mp/2002/>

V polovině prosince se k Zemi přiblížila malá planetka 1998 WT24, objevená na konci listopadu 1998 projektem LINEAR. Jednalo se o očekávaný a předem předpovězený průlet. Díky této skutečnosti byl dostatek času na přípravu pozorování a značnou medializaci tohoto nevdědného úkazu.

K největšímu přiblížení došlo ráno 16. prosince 2001, kdy se kilometrový „kamének“ nacházel ve vzdálenosti pouhých 1,8 miliónu km. Prolétal napříč souhvězdím Persea, zdánlivou rychlostí asi 1° za hodinu. V tomto období dosáhla planetka i své maximální jasnosti, přibližně 9 mag. Byla tedy bezproblému viditelná i v malých dalekohledech a triedrech. Měli jsme tak jedinečnou příležitost spatřit na vlastní oči zástupkyni skupiny Aten, kam planetka 1998 WT24 patří. (Připomeňme, že členové této skupiny mají větší část své dráhy blíž k Slunci než Země a oběžná doba je tedy kratší než jeden rok. Dráhu Země kříží v okolí afelia.) 1998 WT24 navíc patří mezi potenciálně nebezpečné asteroidy (označované zkratkou PHAs).

V Hradci Králové nám počasí příliš nepřálo. Jen v pátek před příchodem fronty, jsem planetku zahlédl v binokuláru 25×100 . Pokusy o fotografický nebo CCD záznam zcela zhatila oblačnost. Naštěstí nebylo ošklivo na celém území naší republiky a tak se můžeme potěšit třeba ze záběrů, které pořídil Kamil Hornoch na stanovišti Lelekovice (obr. 25). Těleso bylo samozřejmě sledováno i radarem v Goldstone, USA (obr. 24).



Obr. 24 — Radarové ozvěny 1998 WT24 získané 70 m radioteleskopem v Goldstone 15. 12. 2001 od 5 h 1 min 25 s do 7 h 35 min 0 s UT. Na vodorovné ose je vyneseno dopplerův posun frekvence rádiového paprsku, způsobený především rotací asteroidu a jeho radiální rychlostí vůči pozorovateli, na svislé je pak radiální vzdálenost (která je úměrná zpoždění přijímaného signálu).



Obr. 25 — Snímek 1998 WT24 pořízený 14. 12. 2001 mezi 19 a 21 h UT Kamilem Hornochem. Použitý přístroj 0,35 m reflektor, CCD kamera CCD ST-6, filtr R. Jedná se o složení 18 snímků, každý s expozicí 60 s.

- [1] *Elementy dráhy planety 1998 WT24.*
<http://cfa-www.harvard.edu/iau/Ephemerides/Unusual/J98W24T.html>
- [2] *Grafické znázornění dráhy planety 1998 WT24.*
<http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/db?name=1998wt24>
- [3] *Animace 1998 WT24 z ondřejovské observatoře.*
<http://www.asu.cas.cz/~asteroid/98wt24/aiz14.html>

Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové — leden 2002

Otvírací dny pro veřejnost jsou středa, pátek a sobota. Od 19:00 se koná večerní program, ve 20:30 začíná večerní pozorování. V sobotu je pak navíc od 15:00 program pro děti a rodiče. Podrobnosti o jednotlivých programech jsou uvedeny níže. Vstupné 10,- až 30,- Kč podle druhu programu a věku návštěvníka. Změna programu vyhrazena.

Program pro děti i rodiče

soboty v 15:00

zimní hvězdná obloha s astronomickou pohádkou **Hvězdný sen** v planetáriu, starší dětské filmy, ukázka dalekohledu, při příznivém počasí pozorování Slunce

Večerní program

středy, pátky a soboty v 19:00

zimní hvězdná obloha v planetáriu, výstava, film, ukázka dalekohledu, aktuální informace s využitím velkoplošné videoprojekce

Večerní pozorování

středy, pátky a soboty ve 20:30

ukázky zajímavých objektů večerní oblohy, *jen při jasné obloze!*

Přednášky

pondělí 14. 1. v 18:30 — **Nepál, Tibet** — přednášejí p. Michal Brunner a Marek Štys, Montana Trekking Praha

sobota 26. 1. v 17:00 — **Impaktní krátery – památky kosmických katastrof** — přednáší Mgr. Miroslav Brož, HPHK

Výstava

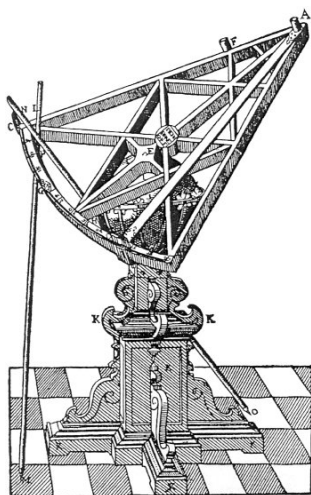
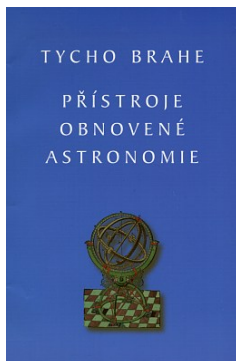
od 8. 12., po – pá 9–12 a 13–15, st a pá též 19, so 15 a 19

Barma, Thajsko, Malajsie, Singapur — Juraj Kaman, fotografie z cest

V minulém roce jsme si připomněli 400 let od úmrtí dánského astronoma Tycha Brahe. Připravoval jsem si k tomuto výročí přednášku na naše pravidelné setkání. Lámal jsem si při tom hlavu, jak mám ostatním přiblížit tohoto vynikajícího vzdělance. Nechtěl jsem, aby to bylo pouhé shrnutí jeho životních dat, protože si je každý mohl přečíst v některém z časopisů, a o samotné osobnosti nám stejně mnoho neřeknou.

Člověku tedy nic jiného nezbývá, než sáhnout přímo po nějaké knize od samotného Tycha Brahe. V češtině vyšla pouze jediná Tychonova kniha, a to *Přístroje obnovené astronomie*. Přeložili ji manželé Hadravovi, řecké verše přeložila Dana Svobodová a vyšla v nakladatelství KLP (Koniasch Latin Press) v roce 1996. Manželé Hadravovi tuto knihu také opatřili komentářem.

Když jsem ji při přípravě přednášky pročítal, zůstal jsem fascinován Tychonovými technickými výtvary. Otočné kopule na hvěnské observatoři, přístroje principiálně ne nepodobné dnešním dobsonům a také jejich úctyhodné rozměry. To vše mě nesmírně překvapilo a udivilo. Až teď po přečtení mně došlo, jak hrozné muselo být pro Tychona opustit svůj ostrov Hven a s jakým úsilím chtěl asi v Čechách vybudovat aspoň hvěnskou náhražku.



Obr. 26 — Sextant, který sloužil ke zkoumání úhlových vzdáleností hvězd. Tento přístroj je zajímavý svým uchycením ke stojanu. Sám sextant je upevněn v těžišti k dřevěné kouli, která je pokryta dokonale vyhlazenými mosaznými destičkami. Koule se otáčí v ocelových polokruzích,

kteří mají o něco větší průměr než samotná koule. Koule se dotýká celé konstrukce jenom v osmi bodech vějířovitě nastřížených podložek, které jsou ke konstrukci uchyceny šrouby. Tyto podložky umožňují libovolně nastavovat sextant do jakékoliv polohy.

Obr. 27 — Mířidla vynalezená Brahem, které nazýval pinacidia nebo dioptry. Mířidla se používala tak, že hvězda byla zaměřena v okamžiku, kdy se objevila, zároveň na pravé i levé straně předního stínítka a zároveň v rovnoběžných šterbinách spodního stínítka. Pro souřadnice v druhém směru se používaly zbylé šterbiny.

A proto pokud chcete poznat blíže Tycha Brahe a dobu druhé poloviny 16. století lépe, přečtěte si ji také. Berte to jako reklamu, protože si ji tato kniha zcela jistě zaslouží.

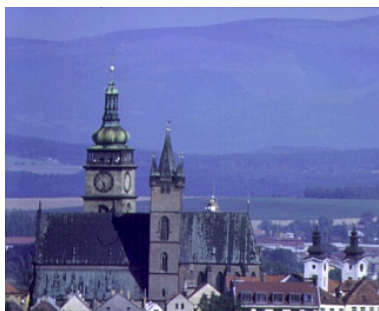
Daleké rozhledy (2) — Rozárka

Miroslav Brož

Rozárka se nachází nedaleko hradecké hvězdárny, na Kopci svatého Jana. Je to místo, ze kterého je nádherný výhled nejen na samotné město Hradec Králové, ale i daleko na severovýchod, sever a severozápad.

Zeměpisná poloha stanoviště je $15^{\circ} 50' 30''$ v. d. a $50^{\circ} 10' 40''$ s. š., nadmořská výška dosahuje 280 m, asi o 50 m převyšuje okolní terén. Na Rozárku se dopravíte snadno: vydáte se z centra Hradce Králové směrem na Brno, z hlavní silnice odbočíte vpravo (spolu s trolejovým vedením) na Nový Hradec Králové a před kostelem opět zahnete vpravo, směrem ke hvězdárně. Jako navigační pomůcku můžete použít i zdaleka viditelný vodojem, který je v noci „efektivně“ osvětlen.

Jak jsem již zmínil v úvodu, město máte před sebou jako na dlani (obr. 28). Hned za ním můžete přehlédnout areál bojiště z roku 1866 — od Přimů, přes Rozběřice, Věstary až po Chlum (335 m n. m., 13,3 km, 326°).



Obr. 28 — Chrám sv. Ducha v centru Hradce Králové (vzdálenost 3,4 km, zeměpisný azimut 345°). Stejně jako ostatní fotografie byla pořízena fotoaparátem Zenit TTL s teleobjektivem Rubinar 10/1000; zorné pole je pak asi 3° .

V azimutu přibližně 14° si všimnete Jestřebích hor, s nejvyšším Žaltmanem (739 m n. m, přímá vzdálenost 35 km), a na 343° Zvičiny, nejvýraznějšího vrchu v podkrkonošské oblasti (obr. 30). Možná překvapivým zjištěním pro vás bude, že si můžete prohlédnout i vrcholky Českého ráje: např. Tábor (678 m, 50 km, 317°), Kumburk (obr. 29) nebo Bradlec (520 m, 46 km, 318°).

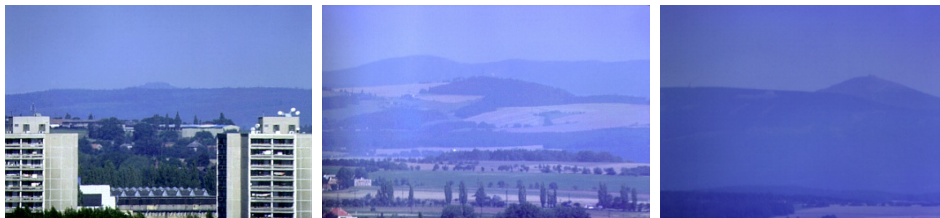
Ale hlavně, za dobré dohlednosti je na severu viditelné naše nejvyšší pohoří Krkonoše, a to celý hlavní hřeben — od Pomezních bud, přes Sněžku, Černou horu (obr. 31), Vysoké kolo (1506 m), Zlaté návrší (1333 m) a Kotel (1435 m). Za dobré viditelnosti to vypadá téměř tak, jako by Hradec ležel v horské kotlině!

Orlické hory jsou sice s mírnými potížemi pozorovatelné na východě také, ale raději si je prohlédneme až někdy příště z vhodnějšího stanoviště.

Pátral jsem trochu i po historii místního názvu „Rozárka“. Např. František Pitaš, místní kronikář, píše ve své knize [1]: „Rozárkami zvány již ve 14. stol. prameny, které měly bránit morové ráně po vzoru italském, dle pastýřského listu Arnošta z Pardubic. Ke studánkám konány procesí v případě epidemie a zpívalo se: Svatá Rozálie panno, Tobě je od Boha dáno abys od morové rány, chránila nás, věrné křesťany.“

Podle [2] stála v letech 1842 až 1855 ve svahu nad Lhotou pod Strání mlýnice, která byla napájena vodou (přivedenou rourou) ze studánky Rozárky na Kopci sv. Jana.

Ještě dnes jsou na úbočích kopce zřetelné mokřiny zarostlé rákosem, právě v těch místech, kde voda pomalu vyvěrá na povrch. Většina hradeckých občanů si však pod názvem Rozárka nejspíš vybaví bývalý „umělohmotný“ lyžařský svah s vlekem. A tu pěknou vyhlídku.



Obr. 29 — Kumburk (642 m n. m., 45 km, 320°) je čedičový vrch v Českém ráji, nedaleko Nové Paky; na vrcholu se rozkládá zřícenina stejnojmenného hradu. Kumburk vidíme za panelovými domy hradeckého sídliště Labská kotlina II (vzdálenými asi 3 km) a za hřebenem Hoříckého chlumu (31 km).

Obr. 30 — Zvičina (671 m n. m., 37 km, 343°) je nejvýraznější horou v celém Podkrkonoší. Za ní se na obzoru rýsuje Zlaté návrší a Kotel (1435 m n. m., 67 km).

Obr. 31 — Sněžka (1602 m n. m., 63 km, 348°) s patrnou horní stanicí lanovky a Černá hora (1299 m n. m., 54 km, 346°) s typickou kuželovitou stavbou televizního a rozhlasového vysílače.

[1] Pitaš, F.: *Památce Nového Hradce Králové 1766 – 1928*.

[2] Domečka, L., Sál, F. L.: *Královéhradecko. I. díl*. 1928.

[3] Brož, M.: *Daleké rozhledy*.

http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/~mira/daleke_rozhledy/

A opět tu máme konec roku a je nutno zúčtovat. ASHK má ke konci roku 2001 37 členů a ve své pokladně 29 412,10 Kč. Podrobná finanční zpráva bude zveřejněna později.

V naší společnosti se odehrálo mnoho zajímavého. Od čísla 2/2001 má časopis *Povětroň* redakční radu ve složení Miroslav Brož, Martin Lehký, Martin Navrátil a Miroslav Ouhřabka. V ASHK se zvýšila aktivita pozorovatelů proměnných hvězd, meziplanetární hmoty i Slunce.

V roce 2001 byli také pojmenovány dvě planetky po významných členech ASHK a to Jaroslavu Píchovi a Václavu Hübnerovi. Prohloubila se spolupráce mezi ASHK a pardubickými astronomy. Byl odehrán vzájemný fotbalový zápas. Zpracovali jsme historii hvězdárny v Novém Bydžově; uskutečnila se geologická výprava na Kunětickou Horu pod vedením Jiřího Šury.

ASHK se opět zúčastnila akce „30 dní pro občanský sektor“ a 4. regionální konference neziskových organizací, kde byla ASHK zařazena do kulturní sekce.

Byl zahájen společný projekt ASHK a HPHK na vybudování a provozování robotizovaného dalekohledu. ASHK dá do tohoto projektu tubus s optikou, na kterou probíhá sbírka členů ASHK. Dále do tohoto projektu ASHK věnuje počítač a do provozu přístroje se začlení pozorovatelé ASHK.

Všem členům ASHK děkuji za aktivní práci ve společnosti a za peněžní dary na nový přístroj a velmi se těším na další spolupráci v roce 2002.

Obr. 32 — Série obrázků rozpínající se obálky supernovy 1993J získaná pomocí rádiového interferometru VLBI v období od září 1993 do září 1994. Supernova vybuchla 28. 3. 1993 v galaxii M 81. Vlnová délka přijímaného záření je 3,6 cm a 6 cm. Obálka se na snímcích jeví sféricky symetrická, ale vykazuje různé intenzivní emise. To výrazně podporuje model obálky volně expandující do mezihvězdného prostředí, které má však v různých směrech různou hustotu. Převzato z publikace Marcaide, J. M. aj.: *Expansion of SN 1993J*. Science, **270**, s. 1475–1478, 1995. K článku „Zákrytová dvojhvězda ES UMa“ na str. 4.

Obr. 33 — Družice Rømer s přístrojem MONS (Measuring Oscillations in Nearby Stars). Více informací na <http://astro.ifa.au.dk/Roemer/en/>. K článku „Konference o výzkumu proměnných hvězd“ na str. 9.

Obr. 34 — Superpočítačová simulace vnitřního protoplanetárního disku tvořeného 10^6 planetesimálními, jež se začínají srážet, spojovat a vytvářet protoplanety. Velmi brzy (již po 100 letech) se v disku objevila rezonanční struktura, způsobená gravitací Jupitera. Převzato z publikace Richardson, D. C., aj.: *Direct large-scale N-body simulations of planetesimal dynamics*. Icarus, **143**, s. 45–59, 2000. K článku „10 otázek a odpovědí“ na str. 22.

Obr. 35 — Tři snímky stopy bolidu od Miloslava Bruckmüllera ze stanoviště nedaleko Křížovic na Vysočině. První snímek je minutová expozice zahájená asi 15 s po přeletu bolidu, druhý je 40 sekundová expozice zahájená v 04:22 a třetí je dvouminutová expozice již značně zesláblé stopy v čase 04:25 — 04:27. Série zachycuje tedy asi 8 minut vývoje stopy. K článku „Leonidy 2001“ na str. 19.

