

CEZ HVIEZDY



K SPOLUPRÁCI A POZNANIU

Zborník referátov

Zákryty a zatmenia nebeských telies

22. - 24.9.2006
Rudina, Slovensko



Kysucká hvězdárna, 2006

OBSAH

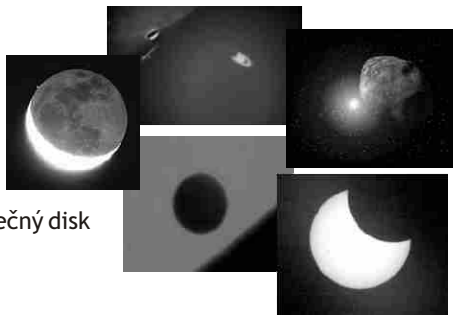
Pozičné merania	6
Zákrytársky rok 2007	12
Pozorovanie Slnka	17
Digitálne zatmenie	29
Pozorovanie zákrytu M45 Mesiacom pomocou CCD kamery.....	31
Viete, ako chutí vzdialený vesmír?	32
Zákryt hviezdy TYC 1879-0251-1 planetkou 144 Vibilia.....	37
Zákryty hviezd planetskymi (historie, predpovedi, ..)	38
Výskum malých telies Slnčnej sústavy.....	42
CCD fotometrie komet - program pro astronomy amatéry ...	48
Ako sa rodí objav pri pozorovaní premenných hviezd.....	56
Pozorování proměnných hvězd.....	60
Poznámky.....	64

Pozičné merania v astronómii

Pod pojmom **pozičné merania** sa myslí záznam úkazu, ktorý súvisí s nameraním presnej polohy nebeského telesa v danom čase. Takéto úkazy nastanú, ak sa dve nebeské telesá dostanú do takej vzájomnej polohy, pri ktorej vzhľadom na pozorovateľa zmení jedno (alebo obidve) svoju jasnosť. Takéto úkazy poznáme ako zákryty dvoch nebeských telies, resp. zatmenie jedného telesa iným. Väčšina týchto pozorovaní patria k „akčným“, t. j. sú to najrýchlejšie úkazy na oblohe.

V praxi môžeme (nejen) pozorovať:

- totálne zákryty hviezd Mesiacom
- dotyčnicové zákryty hviezd Mesiacom
- zákryty planét Mesiacom
- zákryty hviezd planétkami
- zatmenia Slnka
- zatmenia Mesiaca
- prechody planét (či iných telies) popred slnečný disk
- bžájomné úkazy mesiacov planét
- záblesky meteoroidov na Mesiaci.



Z takýchto pozorovaní sa dá určiť:

- presná poloha nebeského rovníka a jarného bodu
- z toho plynúce korekcie pre súradnicové systémy a polohy hviezd
- pohyb Zeme, precesia polárnej osi a sekulárne zmeny sklonu ekliptiky
- meranie mesačnej sekulárnej decelerácie v ekliptikálnej dĺžke
- priemerné vlastné pohyby hviezd
- zákony pohybu Mesiaca a jeho tvaru
- poloha a dráhové elementy, rozmery a podvojnosti planétok
- podvojnosti hviezdnych systémov
- mnohé ďalšie.

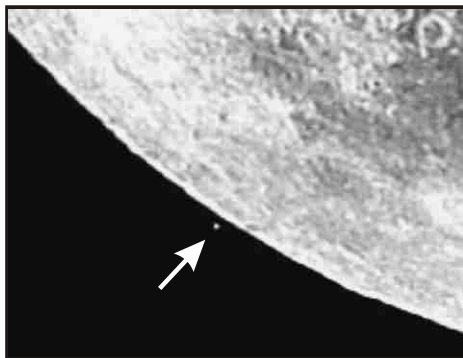
Na pozorovanie úkazu sú potrebné:

- predpoveď úkazu - je potrebné dopredu poznať čas úkazu, miesto pozorovania i podmienky (jasnosť objektu, výšku nad obzorom, polohu a fázu Mesiaca...). Predpovede je možné získať z internetu, je možné ich spočítať voľne dostupnými programami (Occult, Low, ...) a poskytnúť ich na väčšine hviezdární (na Slovensku Kysucké Nové Mesto, Banská Bystrica, Rimavská Sobota...)
- presná zemepisná poloha sa dá určiť z mapy (mierka by nemala presiahnuť 1:25 000), PC programov (Autoroute...), alebo dnes už najbežnejšie a najpresnejšie pomocou prijímačov GPS
- presný čas
- čas úkazu - presný čas úkazu je potrebné zaznamenať s presnosťou na desatiny, či stotiny sekundy. Toto sa dá „hranične“ dosiahnuť stopkami, ale vo väčšine prípadov sú žiadané objektívnejšie metódy ako sú video, či CCD technika. Aj tam však platí, že je potrebné záznam synchronizovať s referenčným časom (napríklad vkladáč času do obrazu TV...).
- referenčný signál - dnes sa takmer výnimočne užíva signál DCF 77 (vysielač v blízkosti Frakfurtu - frekvencia 77kHz), resp. GPS. Je možné použiť aj niekoľko ďalších rádiových staníc, ktoré vysielajú presné časové impulzy.
- ďalekohľad - na väčšinu pozorovaní postačí amatérsky ďalekohľad s priemerom objektívu do 10-20 cm. Pri mnohých pozorovaniach je potrebný ďalekohľad prenosný, pretože úkaz nastáva iba na určitom území, kde sa treba presunúť.

- dobré počasie a šťastie - počasie dokáže značne znepríjemniť, resp. znemožniť pozorovanie, napriek tomu šťastie praje pripraveným. Už neraz sa stalo, že sa počasie zhoršilo len tesne pred úkazom, ale stali sa aj prípady, keď pozorovanie nebolo uskutočnené preto, že sa neopodstatnene neočakávalo zlepšenie počasia.

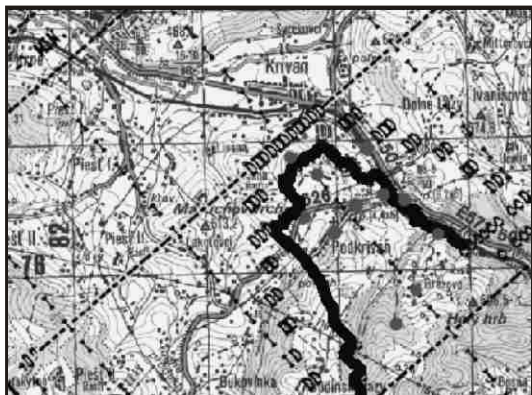
Totálne zákryty hviezd Mesiacom

Pri pohybe Mesiaca okolo Zeme sa tento dostáva pred hviezdy v blízkosti ekliptiky, ktoré takto zakryje. Vzhľadom na pohyb Mesiaca a hviezdne pozadie k takýmto úkazom dochádza prakticky každý deň i keď obdobia okolo novu a splnu nie sú na pozorovanie vhodné. Priemer Mesiaca umožňuje pozorovať zákryty hviezd Mesiacom prakticky z každého miesta na Zemi, pretože na páse širokom $0,5^\circ$ je vždy dostatok relatívne jasných hviezd. Je zrejmé, že ľahšie pozorovateľné sú tie úkazy, ktoré nastávajú za neosvetlenou stranou Mesiaca. Za neosvetlenou stranou je možné pozorovať len relatívne jasnejšie hviezdy. Preto v čase medzi novom a splnom pozorujeme najmä vstupy a v období medzi splnom a novom výstupy hviezd spoza mesačného limbu. Pritom treba brať do úvahy, že pozorovanie vstupov je ľahšie ako pozorovanie výstupov, kedy je sa hviezda zjaví na mieste, ktoré predtým nebolo „správne odhadnuté“.

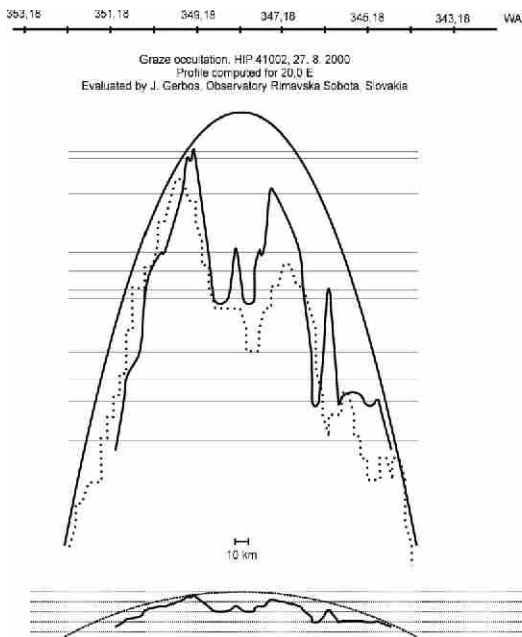


K najzaujímavejším pozorovaniam totálnych zákrytov patria prechody Mesiaca popred jasnejšie otvorené hviezdokopy. Takto bolo možné pozorovať Mesiac pred Jasličkami, či Plejádami. Práve Plejády sa nachádzajú asi 5° nad ekliptikou, z čoho vyplýva, že ich Mesiac „križuje“ cyklicky len v istých obdobiach a práve počas najbližších 3 rokov môžeme pozorovať niekoľko prechodov Mesiaca popred túto najjasnejšiu hviezdokopu. V predpovedi je možné zistiť dátum a čas zákrytu (s presnosťou na pár sekúnd), parametre hviezdy (jasnosť, podvojnosť, výška nad obzorom, α , δ ...) a Mesiaca (fáza, librácie...), pozíčný uhol hviezdy (od severného pólu Mesiaca, od severného svetového pólu, od osvetleného rohu) a koeficienty na prepočet pre inú zemepisnú polohu. Samotné predpovede poskytuje ILOC, IOTA, alebo sa dajú spočítať voľne šíriteľnými programami ako sú OCCULT či LOW.

Dotyčnicové zákryty hviezd Mesiacom



V prípade, že je hviezda na okraji mesačného tieňa, môžeme pozorovať postupné „miznutie“ a „znovuobjavenie“ sa hviezdy za terénymi nerovnosťami na Mesiaci. Takto je možné pozorovať v priebehu niekoľkých desiatok sekúnd aj desať, či viac kontaktov. Je zrejmé, že takéto úkazy je možné pozorovať len v tesnej blízkosti hranice mesačného tieňa na povrchu Zeme. Preto je potrebné pri príprave pozorovaní dotyčnicových zákrytov počítať s presunom pozorovateľov do patričnej oblasti. K zákrytom dochádza v blízkosti pólu Mesiaca, teda aj v blízkosti



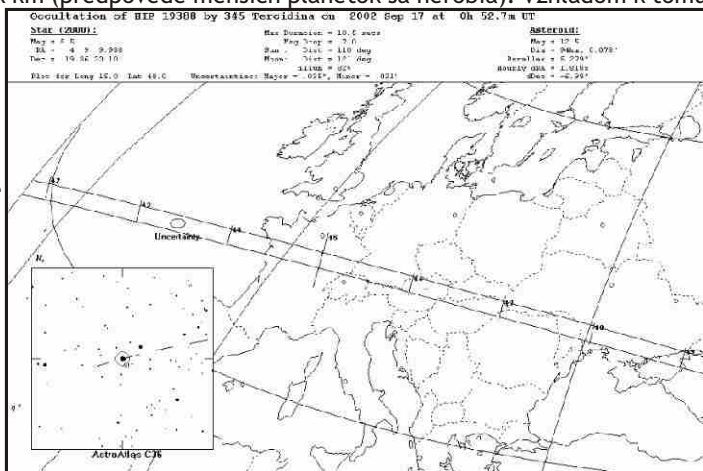
né brať ohľad na predpokladaný profil, ale aj nadmorskú výšku pozorovateľa a podľa nej urobiť korekciu.

Ak sa vynesú do grafu pozorovania všetkých pozorovateľov, opravené o zemepisnú polohu a nadmorskú výšku, je možné získať profil Mesiaca v pozorovanej oblasti mesačného limbu.

osvetleného rohu Mesiaca. Z toho vyplýva použitie len prenosných ďalekohľadov a teda pozorovanie relatívne jasnejších hviezd. Vzhľadom na možnosť viacerých kontaktov je lepšie použiť objektívne spôsoby záznamu, t.j. videotechniku s vkladáčom času (pridá do TV obrazu čas synchronizovaný podľa DCF, alebo GPS). V prípade, že sa niekoľko pozorovateľov rozostaví kolmo na hranicu tieňa, je možné z výsledkov pozorovaní určiť profil Mesiaca v patričnej okrajovej oblasti mesačného limbu. Predpokladaný profil organizátor takejto expedície získa z predpovede. Podľa predpovede, v ktorej je na rozdiel od totálnych zákrytov uvedená aj hranica mesačného tieňa na povrchu Zeme (postupnosť λ, ϕ) je potrebné zvoliť vhodnú lokalitu a v nej spravidla podľa mapy vybrať vhodné stanovišťa pre pozorovateľov. Pritom je potreb-

Zákryty hviezd planétkami

Zákryty hviezd malými telesami Slnecnej sústavy patria k vedecky najvýznamnejším pozičným pozorovaniam. Tieň planétky vrhnutý hviezdou má prakticky rozmer samotnej planétky, t.j. niekoľko desiatok km (predpovede menších planétok sa nerobia). Vzhľadom k tomu častokrát (najmä u slabších úkazov) predpovedaný tieň prechádza na našom území aj niekoľkými hviezdárňami. Nakoľko dráhy planétok nie sú známe s dostatočnou presnosťou, možno povedať, že presnosť nominálnych predpovedí je v porovnaní so zákrytmi hviezd Mesiacom výrazne nižšia. V prípade jasnejších hviezd sa pás tieňa prepočítava niekoľko dní až hodín pred samotným úkazom (predpovede na poslednú minútu) a tak dostáva pozorovateľ upresnenú infor-

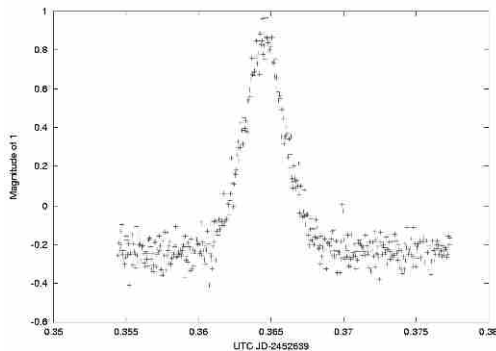


máciu o tom, či úkaz vôbec v danej zemepisnej polohe nastane. V prípade, že áno, je vhodné zorganizovať expedíciu podobnú dotýčnicovým, keď sa pozorovatelia rozmiestnia kolmo na hranicu tieňa.

Pri pozorovaní nemusí rušiť Mesiac a v takých prípadoch je možné pozorovať aj zákryty slabších hviezd ako sme zvyknutí pri zákrytoch hviezd Mesiacom ($10\text{--}11^m$). Zaujímavým aj do budúcnosti sa ukazuje pozorovanie zákrytov hviezd transneptúnickými telesami.

Vzájomné úkazy mesiacov planét

Zaujímavým a užitočným pozičným pozorovaním je sledovanie vzájomných zákrytov a zatmení mesiacov veľkých planét. Vzhľadom k sklonu dráhy mesiacov voči ekliptike nastávajú obdobia pozorovateľnosti takýchto úkazov len dvakrát počas obehu planéty okolo Slnka keď sú v jednej rovine so Zemou. Takto boli posledne pozorované úkazy Jupiterových mesiacov v roku 1997, 2003 a najbližšie budú v roku 2009. Podobné úkazy mesiacov Uránu budeme môcť sledovať v roku 2007 a u Saturna to bude v roku 2010. Pri sledovaní vzájomných zákrytov i zatmení mesiacov je potrebné zaznamenať postupný pokles jasnosti toho ktorého mesiaca a toto nie je možné urobiť vizuálne.



Preto sa pri pozorovaní používajú takmer výhradne kamery (TV, CCD...), alebo aspoň fotoaparát. Tak je možné zo sledu mnohých snímok získať svetelnú krivku.



Ďalšie úkazy

Zatmenie Slnka

Pri čiastočnom zatmení je možné pomocou merania dĺžky tetív v rôznych časoch určiť okamih T_1 , resp. T_4 . Toto pozorovanie je relatívne nepresné, pretože určiť „roh“ Slnka, t.j. okraj tetivy je obtiažne (nedostatočná ostrosť obrazu).

Pri úplnom zatmení je možné pozorovať na hranici pásu totality „dotýčnicové“ zatmenie.

Zatmenie Mesiaca

Počas čiastočného zatmenia je možné merať časy kontaktov zemského tieňa s krátermi na Mesiaci. Zoznam vhodných kráterov a predpovede časov (presnosť na minútu) uvádza napr. Hvězdárská ročenka. Tieto pozorovania sú rovnako zaťažené značnou chybou, pretože okraj zemského tieňa je spravidla málo kontrastný. Je výhodné použiť ďalekohľad s malým zväčšením.

Prechody planét popred slnečný disk

Pri týchto úkazoch, ktorých pozorovanie bolo významné v minulosti (určenie paralaxy Slnka) ide opäť najmä o estetický zážitok. Presnosť merania kontaktov T_1 – T_4 je totiž aj pri použití fotografie, či CCD značne nedostatočná - dnes je možné paralaxu Slnka určiť inými presnejšími metódami (radar...).

Zákryty planét Mesiacom

Opäť ide skôr o estetický zážitok ako o vedecké pozorovanie.

Záblesky na Mesiaci

Toto pozorovanie by sme mohli skôr zahrnúť do oblasti výskumu medziplanetárnej hmoty, ale

prvýkrát pozorovali záblesky po dopade meteoroidov na Mesiaca práve zákrytári. Pozorovanie spočíva v sledovaní povrchu neosvetlenej časti Mesiaca aspoň dvomi kamerami s vkladáčom času. V prípade pozitívneho úkazu je potrebné záblesk overiť na oboch zariadeniach (môže ísť aj o náhodné zjasnenie pixlu, šum a pod.).

Iné

Je mnoho ďalších úkazov, pri ktorých dochádza k vzájomnej pozícii dvoch telies. Ako príklad uvádzame zákryt hviezdy planétou, vzájomný zákryt planéty planétou, zákryt hviezdy mesiacom planét, zákryt mesiaca asteroidom a pod. K tomu treba pripočítať aj úkazy spôsobené umelými telesami. V budúcnosti sa pripravuje projekt vypustenia satelitu BOSS, ktorý by mal „vytvárať“ umelé zákryty telies Slnecnej sústavy i hviezd a tieto by sa pozorovali v infračervenej oblasti sondou Chandra.

Význam pozíčných pozorovaní

V nasledujúcich odsekoch je postupne uvedený teoretický predpoklad, kurzívou označená kritika podľa IAN (Instantní astronomické noviny) a nakoniec vyjadrenie niektorých renomovaných osobností.

1. Astrometria

Vytvorenie presného astrometrického katalógu hviezd v pásme ekliptiky. Práve zákrytové dáta mali najväčšiu váhu pri určovaní stelárnej referenčnej siete fundamentálneho katalógu FK5, resp. FK6.

IAN: Výsledkom meraní sondy Hipparcos je veľmi presný katalóg hviezd, ktorý presahuje presnosť doterajších katalógov.

M. Soma: Je možné, že systém vlastného pohybu hviezd podľa Hipparca má signifikantne väčšie chyby, ako ich udáva pracovný tím Hipparca. Myslím, že zákryty môžu byť použité na analýzu týchto chýb. Hipparcos team udáva, že je referenčne viazaný k ICRS (International Celestial Reference System) s presnosťou 0,25 mas/rok. Priame porovnanie vlastných pohybov medzi Hipparcom a FK5 dávajú výsledky s chybou precesie -3 mas/rok pre FK5, ktorá bola nezávisle získaná z VLBI, laserových meraní a analýzy vlastných pohybov.

J. Mánek: Hoci sú merania Hipparca presné, v tak krátkej dobe nebol schopný celkom presne zmerať vlastné pohyby hviezd.

2. Poloha Mesiaca

Pozorovania zákrytov a spresnené efemeridy Mesiaca sa používali pri určovaní polohy nebeského rovníka a jarného bodu.

IAN: Od roku 1969 bola vzdialenosť Mesiaca určená veľmi presne pomocou laserového lúča vysielaného k sústave retroreflektorov, ktoré na povrch Mesiaca umiestnili astronauti a sovietska sonda. Ich presnosť je centimetrová.

D. Dunham: Vďaka väčšej základni sú pozorovania zákrytov predsa len výhodnejšie pre meranie mesačnej sekulárnej decelerácie v ekliptikálnej dĺžke. Táto decelerácia je spôsobená hlavne prenosom momentu hybnosti medzi orbitálnym pohybom Mesiaca a zemskou rotáciou prostredníctvom slapových javov (oceánske prílivy a odlivy ako aj pohyb zemského plášťa). Jej veľkosť je približne 23 oblúkových sekúnd za storočie na druhú ($23''/\text{storočie}^2$).

3. Profil Mesiaca

Presnosť individuálnej korekcie limbu vo Wattsových tabuľkách je okolo 0.2". Pretože Mesiaca sa posunie o takýto uhol približne za pol sekundy, vizuálne pozorovania zákrytov s presnosťou 0,2 s majú stále svoju hodnotu a význam.

Hoci mesačné sondy zhotovili podrobné snímky s vysokým rozlíšením takmer celého povrchu Mesiaca, tie ale nedosahovali potrebnú pozíčnú presnosť a nemali ani pozemskú perspektívu

potrebnú pre odvodenie profilu okraja Mesiaca potrebnú pre spresnenie Wattsových dát. Ďalej kvôli značne nehomogénnemu gravitačnému poľu Mesiaca, ktoré je spôsobené takzvanými maskonmi a kvôli tomu, že sondy nie je možné sledovať na jeho odvrátenej strane, ich poloha v každom čase je známa s presnosťou okolo 700 metrov.

IAN: Spracovanie údajov z laserového altimetra sondy Clementine upresnilo profil natoľko, že užitočné budú len merania zákrytov hviezd Mesiacom s chybou stotiny sekundy.

J. Mánek: Pozorovanie zákrytov hviezd Mesiacom je dobré pre určovanie absolútneho času zákrytu a tým sa prispieva k spresneniu profilu okrajových častí Mesiaca. Vďaka libráciám môžeme mapovať relatívne široký pás mesačného okraja s pomerne uspokojivou presnosťou výškového profilu (cca 50 m pre skúseného vizuálneho pozorovateľa, resp. až 20 m pri videozáznamoch). Napodiv ani dnes výškové merania kozmických sond nepokrývajú celý povrch Mesiaca dostatočne husto. Dráha, resp. poloha sond je pomerne dobre známa voči hmotnému stredu Mesiaca, zatiaľ čo radarové merania povrchu nie je možné na túto polohu dostatočne presne naviazať.

M. Soma: Výškové merania Clementine sú také riedke (pokrývajú poludníkové pásy, vzájomne vzdialené 3 stupne v selenografickej dĺžke), že sa z nich nedajú získať mesačné profily. Sú pokusy odvodiť polárnu topografiu zo stereoobrazov Clementine a radarovej interferometrie, ale dobre nesúhlasia. Pozorovania zákrytov hviezd Mesiacom sú zatiaľ najlepším spôsobom, ako získať mesačné profily.

4. Podvojnoscť hviezd

Je známych niekoľko prípadov, keď boli vďaka zákrytom hviezd Mesiacom objavené nové dvojhviezdy. Pri väčšine zákrytov je pokles jasnosti hviezd okamžitý, no niekedy je možné pozorovať, že hviezda zmizne alebo sa objaví v niekoľkých rýchlych krokoch. Môže to znamenať, že hviezda je tesnou dvojhviezdou. Pozorovatelia môžu využiť prednosti kruhovej geometrie počas dotyčnicových zákrytov a tak rozlíšiť tesné dvojhviezdy s uhlovou vzdialenosťou zložiek až $0,01''$. I dnes sa dajú týmto spôsobom odhaliť nové dvojhviezdy (SAO 78440). Rýchla fotometria totálnych zákrytov môže poskytnúť ešte lepšie rozlíšenie a dokonca umožňuje merať uhlové priemery niektorých hviezd.

IAN: Väčšina objavov dvojhviezdnych systémov pri zákrytoch Mesiacom bola urobená pomocou veľmi presných fotoelektrických meraní.

J. Mánek: Časové rozlíšenie videokamier $0,02$ s umožňuje dosiahnutie uhlového rozlíšenia $0,01''$. Aj vizuálne pozorovania môžu odhaliť podvojnoscť objektu, je ale potrebný cvik a skúsenosť, aby si pozorovateľ uvedomil, že nedochádza k okamžitému zákrytu, ale v dvoch - troch krokoch. V možnostiach amatérov je aj vysokorýchlostná fotometria pomocou CCD kamier s časovým rozlíšením $0,001$ s.

D. Dunham: Počas dotyčnicových zákrytov jasných hviezd musí vizuálny pozorovateľ dôsledne odlišovať difrakčné javy spôsobené postupnými vstupmi a výstupmi od dvojhviezd, ktoré spôsobujú krokové úkazy.

5. Zmeny polomeru Slnka

J. Mánek, D. Dunham: Dotyčnicové zákryty poskytujú najpresnejšie údaje o reliéfe v oblasti mesačných pólov. Práve tie sú vo Wattsových tabuľkách zaťažené veľkými chybami alebo tam úplne chýbajú. Nie je potrebná absolútna časová presnosť takýchto pozorovaní, pretože vďaka geometrii úkazu má oveľa významnejší vplyv presnosť určenia zemepisných súradníc. Spresnené dáta o mesačnom profile dovoľujú presnejšiu analýzu času kontaktov pri úplných zatmeniach Slnka. Tie sú ďalej použiteľné pri určovaní malých zmien polomeru Slnka. Pri zatmeniach Slnka sa určitým koordinovaným pozorovaním zisťuje s vysokou presnosťou uhlový rozmer Slnka tým, že sa zisťuje, kde presne vlastne sú obe hranice pásu úplného zatmenia (kde Slnko neprebleskuje cez mesačné údolia).

6. Zemská rotácia

Analýzou zákrytových dát získaných počas dlhého obdobia je možné spresniť poznatky o pohybe Zeme, precesie svetových pólů a sekulárne zmeny sklonu ekliptiky.

7. Zákryty hviezd planétkami

Pozorovanie zákrytov hviezd planétkami slúžia k zisťovaniu skutočných rozmerov a tvaru planétok ako aj k zisťovaniu ich satelitov. K tomu stačí určiť absolútny čas zmiznutia a znovuobjavenia zakrývanej hviezdy s presnosťou 0,1 s. V minulosti sa usporadúvali aj expedície s profesionálnym vybavením (fotoelektrické zariadenia), ale len po dlhšej príprave a len pre najväčšie planétky. Radary a sondy zďaleka neobsiahnu ani malé percento všetkých pozorovaní a tak význam amatérov je značný. Dnes sú už dostupné spresnenia informácií o zákrytoch na poslednú chvíľu a pozorovateľ nemusí čakať na planétku, ktorej tieň aj tak neprejde jeho územím, čím sa zvyšuje pravdepodobnosť úspešného pozorovania.

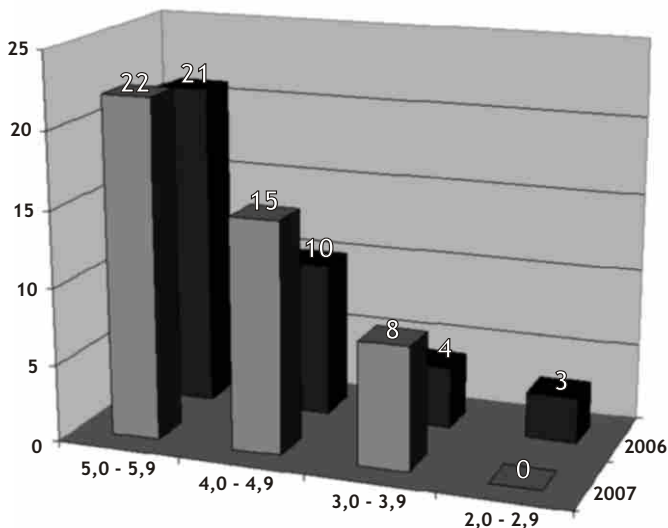
Jaroslav Gerboš, Hvezdáreň v Banskej Bystrici

Zákrytársky rok 2007

Zákryty hviezd tělesy sluneční soustavy jsou ve většině případů dobře předpověditelnými úkazy. Proto je možno se již se značným předstihem připravit na zajímavé události následujícího roku. Právě to je záměr následujícího příspěvku.

Totální zákryty

V oblasti totálních zákrytů hviezd Měsícem bude situace v roce 2007 srovnatelná s rokem letošním (2006). Na noční zákryt žádné mimořádné jasné hvězdy se tešiť bohužel nemůžeme. Nedojde dokonca ani k zákrytu hviezdy z intervalu jasnosti 2,0 až 2,9 mag. Tuto absenci však vyrovnáva vyšší počet úkazů zakrývaných hviezd z rozmezí 3,0 až 3,9 a 4,0 až 4,9 mag (viz graf). I přes výše uvedené konstatování však je co s nadějami očekávat. V průběhu roku 2007 bude v plném proudu série zákrytů otevřené hviezdokupy Plejády Měsícem, z čehož některé úkazy budú vhodné i pro sledování z Evropy. Základní informace o nich shrnuje následující tabulka:



day y m d	time h m s	P	Star No	Sp D	Mag	% ill	Elon	Sun Alt	Moon Alt Az	CA o	PA o	VA o	WA o	Libration L B
07 01 27	15 19 47 d	536	cB7	5,5	69+	112	3	47 109	84N	73	115	85	+4,4	-5,8
07 01 27	17 1 28 R	541	cB8	3,9	69+	113		60 142	-68S	237	263	249	+4,3	-5,9
07 02 23	22 51 46 D	536	cB7	5,5	45+	84		15 290	51S	116	74	128	+4,6	-6,0
07 02 23	23 19 42 D	543	cA0	6,4	45+	85		11 295	84N	71	31	83	+4,6	-6,0
07 04 19	15 38 56 d	536	cB7	5,5	7+	30	21	49 246	33S	126	86	139	+3,9	-6,1
07 04 19	16 55 57 r	541	cB8	3,9	7+	31	9	38 264	-60S	220	175	233	+3,8	-6,0
07 08 07	0 7 9 D	537	SB6	3,7	37-	75		22 78	-39S	129	173	142	+3,0	-5,9
07 08 07	2 7 32 R	76194	A0	7,7	36-	74		41 100	80S	249	293	261	+3,0	-6,1
07 10 27	23 3 37 d	539	SB6	4,3	95-	154		60 142	-73S	85	111	98	+3,2	-6,1
07 10 28	0 11 58 R	539	SB6	4,3	95-	154		64 175	78S	236	240	249	+3,1	-6,2
07 12 21	21 47 17 D	539	SB6	4,3	93+	149		62 211	65S	111	89	124	-0,7	-6,2
07 12 21	23 28 57 D	555	K5	6,4	93+	150		50 246	33N	29	348	42	-0,9	-6,2

Další zajímavosti zákrytářského roku 2007 budou hned čtyři zákryty planet Měsícem. Z odborného hlediska se sice nejedná o zajímavé úkazy, ale podobnou podívanou by si v žádném případě neměl nechat ujít žádný milovník astronomie, natož pak pozorovatel zákrytů.

2. března 2007 v časných ranních hodinách se za téměř úplňkový Měsíc (97%+) na přibližně 40 minut schová planeta Saturn. Úkaz se odehraje nad západním obzorem a vstup (2:35 UT) i výstup (3:15 UT) bude dobře sledovatelný z celé Evropy.

O dva a půl měsíce později, **22. května 2007** večer, nás čeká opakování březnové události. Planeta Saturn, tentokrát téměř centrálně projde za Měsícem, který v tomto případě bude ve fázi krátce před první čtvrtí (39%+). Nedostatkem úkazu je skutečnost, že vstup za neosvětlený měsíční okraj (19:24 UT) proběhne ještě za soumraku (Slunce bude pouhých 5° pod obzorem). Po více než hodině se pak, již za dostatečné tmy, Saturn vyhoupne za světlým krajem Měsíce přibližně ve 20:31 UT.

Zcela jiný zážitek nám může **7. června 2007** poskytnout zákryt Venuše Měsícem. Jedná se o denní úkaz, který bude probíhat se Sluncem vysoko nad obzorem, což může značně zkomplikovat jeho sledování. S ohledem na mimořádnou jasnost Venuše (-4,4 mag) jej ovšem nečiní nepozorovatelným. I menší dalekohledy nám za dobrých pozorovacích podmínek Venuši ukáží i na denní obloze, a proto budeme mít možnost pozorovat vstup (14:25 UT) i výstup (15:46 UT) srpku.

Aktérem posledního zákrytu planety Měsícem roku 2007 se stane ráno před svítáním **24. prosince 2007** Mars. Červený kotouček Marsu se bude nořit bohužel za prakticky úplňkový disk Měsíce. Celé představení se odehraje nad západním obzorem u spodního (jižního) okraje Měsíce. Vstup lze očekávat kolem 3:49 UT a následný výstup ve 4:12 UT. Zajímavostí je, že pokud bychom vyjeli pouze několik desítek kilometrů za naše jihozápadní hranice do Německa, mohli bychom dokonce sledovat tečný zákryt Marsu Měsícem.

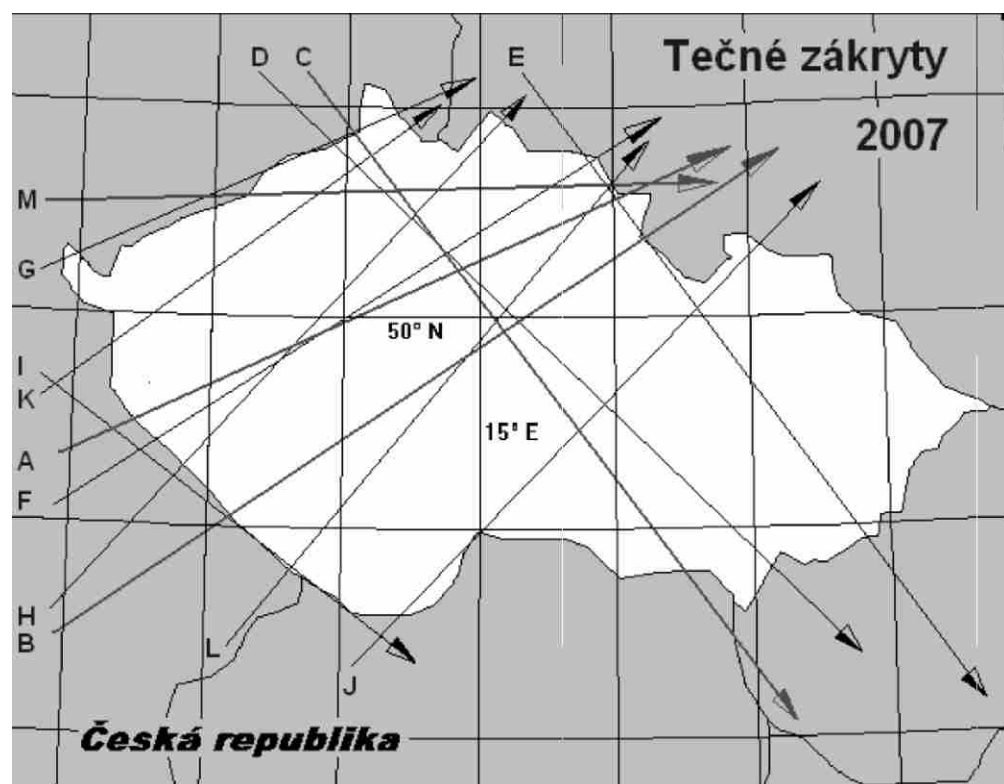
Tečné zákryty

Velice zajímavým zvláštním případem totálních zákrytů jsou tečné zákryty hvězd Měsícem. V těchto případech se úkaz odehrává u některého z rohů Měsíce a hvězda pouze „škrtná“ o nerovnosti okraje Měsíce. Vzhledem k tomu, že pozorovat takovéto úkazy je možno pouze z velice úzkého pásu na rozhraní mezi oblastí zákrytu a pulsu je nutno pro jejich sledování organizovat expediční výjezdy.

Pro rok 2007 bylo vytipováno plných třináct tečných zákrytů vhodných pro sledování z České republiky. Z tohoto počtu jsou čtyři kandidáti vhodní na pořádání větších akcí až celostátního

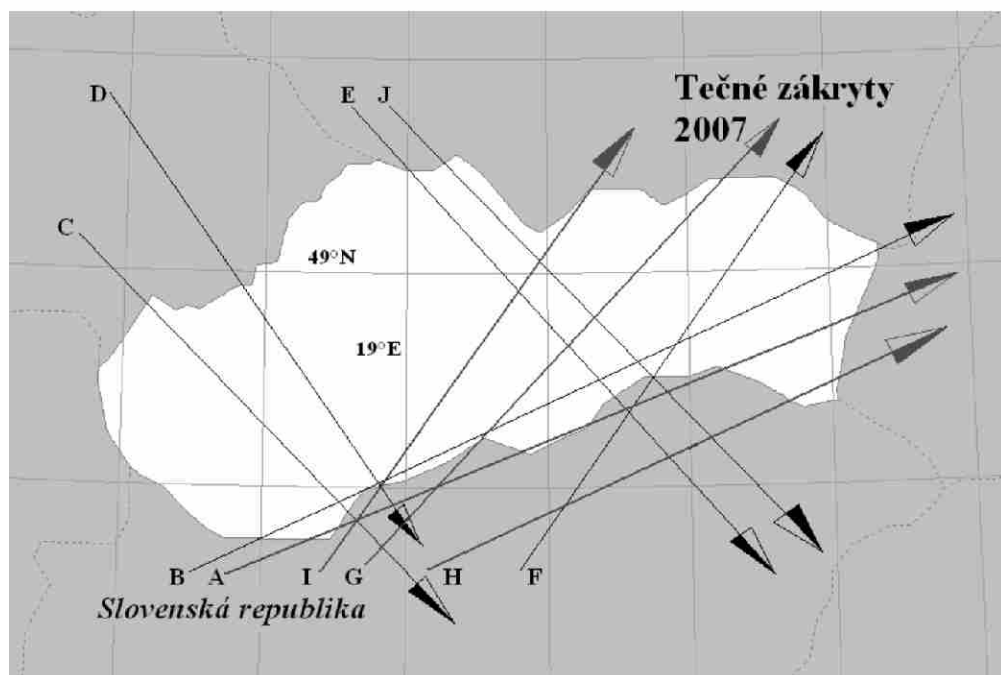
charakteru (s ohledem na podmínky úkazů a jejich pozorovatelnost i menšími mobilními přístroji). Zbýlé předpovědi by měly sloužit pro přípravu lokálních menších expedic skupin pozorovatelů z blízkosti pásu rozhraní. Grafické znázornění jednotlivých úkazů je zřejmé z připojené mapy a podrobnější údaje naleznete v následné tabulce:

	Čas UT		Hvězda		Měsíc	h °	A °	CA	Ø dal. mm	oblast
	2007	hh:mm	číslo	mag						
A	22.01.	18:26	3437	6,8	16%+	14	245	10S	100	ZČ, VČ
B	27.01.	17:08	553	6,8	69%+	61	143	11S	100	ZČ, VČ
C	03.03.	23:50	X199910	10,1	3%E	45	194	28U	50	SČ, JM
D	22.04.	19:44	79022	8,0	35%+	41	264	12N	150	SČ, VČ, JM
E	30.04.	21:14	1919	6,9	98%+	28	173	27N	200	SM
F	02.09.	02:46	93005	7,9	72%-	60	175	8N	200	ZČ, VČ
G	07.09.	02:51	79610	7,2	19%-	30	86	5N	150	SČ, D
H	30.09.	22:22	76472	7,2	77%-	36	92	6N	200	ZČ, VČ
I	28.11.	03:58	79679	7,7	83%-	59	226	15S	150	JČ, D
J	18.12.	17:46	109413	7,9	64%+	48	178	14S	150	JČ, zm
K	18.12.	18:55	109437	7,8	65%+	46	199	13S	150	szČ
L	21.12.	16:20	75987	7,2	92%+	35	94	15S	200	JČ, VČ
M	21.12.	22:31	541	3,9	93%+	57	228	8S	100	SČ, VČ



Obdobně jako pro Českou republiku, byla připravena i předpověď pro Slovensko. Zde je vybraných tečných zákrytů pro rok 2007 deset. Z toho opět čtyři splňují podmínky pro organizování velkých expedic. Lepší představu o jednotlivých úkazech opět přináší mapa a tabulka:

	Čas UT		hvězda		fáze	Měsíc		CA	Ø dal. mm	oblast
	2007	hh:mm	číslo	mag		h °	A °			
A	24.01.	17:51	143	7,1	36%+	40	230	10S	100	j SS
B	28.01.	17:38	76764	7,9	79%+	63	136	10S	200	ZS, VS
C	22.04.	19:49	79022	8,0	35%+	40	267	13N	150	ZS
D	30.04.	21:16	1919	6,9	98%+	30	175	28N	150	ZS
E	19.05.	20:31	1028	7,5	12%+	11	298	13N	150	SS
F	07.08.	00:19	537	3,7	37%-	27	84	-10S	100	VS
G	07.08.	02:12	555	6,4	36%-	44	102	11N	100	SS, VS
H	03.09.	03:03	518	6,0	61%-	66	171	6N	100	VS
I	15.12.	15:50	3262	6,9	31%+	29	189	16S	100	SS
J	26.12.	03:24	80063	7,6	94%-	47	245	17S	200	SS



Zákryty hvězd planetkami

Jednou z oblastí, kde je příprava předpovědí zákrytů problematictější, jsou zákryty hvězd planetkami. Každoročně jsou E. Goffinem (Belgie) zpracovávány tzv. „nominální předpovědi“, které sice dávají určitou představu o našich nadcházejících šancích, ale teprve následná upřesnění, prováděná nedlouho před jednotlivými úkazy, vedou k reálné možnosti plánování pozorování či dokonce organizování expedic.

Z nominálních předpovědí (<ftp://ftp.ster.kuleuven.ac.be/dist/vvs/asteroids/2007/>) byl proveden výběr. Výsledná tabulka je kompromisem mezi pozorovatelností úkazu (jasnost hvězdy, velikost planety, trvání úkazu, pokles jasnosti soustavy při zákrytu) a nominální předpovědi dráhy stínu. Výsledkem je následující tabulka obsahující devět nejnadějnějších úkazů roku 2007:

r	m	d	h	m	planetka	trv.	hvězda	mag	pok.
07	01	04	21	6,5	144 Vibilia	15,6	TYC 1888-00747-1	9,60	1,8
07	04	05	21	01,6	488 Kreusa	5,8	UCAC2 41157396	10,94	2,5
07	04	21	22	42,5	17 Thetis	9,9	TYC 1407-00130-1	10,22	2,4
07	06	14	00	15,8	676 Melitta	11,1	HIP 95228	8,14	5,5
07	08	05	22	23,3	445 Edna	7,5	TYC 2255-00885-1	10,90	3,0
07	09	16	01	10,0	1330 Spiridonia	3,8	HIP 11624	9,11	5,8
07	10	13	01	29,9	409 Aspasia	10,8	TYC 1349-01375-1	10,63	2,2
07	11	23	23	40,5	329 Svea	7,3	TYC 4753-01273-1	10,64	2,9
07	12	24	01	19,0	198 Ampella	1,9	TYC 1783-00860-1	10,04	1,7

Je nutno zdůraznit, že se jedná pouze o nominální předpovědi. Proto doporučuji pravidelně sledovat [www](http://www.asteroidoccultation.com/) adresy na nichž se objevují zpřesnění. Zde se dozvíte další bližší informace o uvedených zákrytech, případně objevíte další nadějně úkazy, které si zaslouží pozornost.

Nejpoužívanější stránky s upřesněními jsou:

<http://asteroidoccultation.com/>

S. Preston

<http://mpocc.astro.cz/>

J. Mánek

<http://astrosurf.com/eaon/>

J. Schwaenen

<http://www.euraster.net/pred/index.html>

E. Frappa

Kompilace upřesněných předpovědí (v češtině) pak naleznete na stránce:

<http://www.teplice-city.cz/hap/Pozaktual/Pozaktual.htm>

O. Šándor

Diametrálně jiná je v současné době situace při předpovídání zákrytů hvězd planetkami ze skupiny transneptunických těles. U těchto úkazů je žádoucí sledovat pokud možno co nejvíce předpověděných úkazů a to bez ohledu na oblast kudy teoreticky stín prochází. U těles pohybujících se na okraji sluneční soustavy ještě vesměs neznáme s dostatečnou přesností jejich dráhy a z toho pak vyplývá značná nejistota těchto předpovědí. Na druhé straně se jedná o tělesa většinou řádově větší než jsou planety hlavního pásu a také důležitost a poptávka po každém kladného výsledku je velice vysoká.

Předpověď pro rok 2007 je zpracována do následující tabulky a obsahuje osm úkazů. Bohužel jasnosti zakrývaných hvězd velice striktně vylučují možnosti menších přístrojů.

r	m	d	h	m	planetka	trv.	hvězda	mag	pok.
07	03	04	23	1.1	2001 HY65	8.2	TYC 4953-00316-1	11.9	10.5
07	04	08	22	5.2	2000 CJ105	10.0	UCAC2 34287196	12.4	10.4
07	05	30	21	14.3	1998 HH151	3.8	TYC 5554-00738-1	11.6	12.0
07	09	05	3	27.4	52975 Cyllarus	3.4	UCAC2 42203428	13.9	9.2
07	09	21	1	58.7	1995 WY2	18.4	UCAC2 4015862	13.1	11.0
07	10	07	23	16.2	2003 WL7	3.9	TYC 1791-00940-1	11.8	8.9
07	11	18	3	3.8	2002 XV93	14.1	UCAC2 43927695	13.5	7.6
07	11	20	21	2.6	2001 YJ140	5.8	UCAC2 41679848	13.3	8.6

Příbuzné úkazy

Z příbuzných a výjimečných úkazů, které nastanou v roce 2007, lze jmenovat především mimořádně příznivé úplné zatmění Měsíce, které nás čeká v nočních hodinách ze 3. na 4. března 2007. V průběhu úkazu lze provádět měření časů vstupů a výstupů útvarů do stínu Země v čase částečné fáze. Během totality pak bude možno se snažit o měření časů zákrytů hvězd Měsícem. Bohužel v intervalu úplné fáze zatmění dochází k zákrytům pouze velice slabých hvězd.

Další informace o zatmění naleznete na [www stránkách](http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/OH/OH2007.html#2007Mar03T) připravovaných Fredem Espenakem: <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/OH/OH2007.html#2007Mar03T>

Ze speciálních zákrytů stojí za zmínku série vzájemných úkazů měsíců planety Uran, které se budou odehrávat v letech 2007 a 2008. Jedná se o velice zajímavé vzájemné zákryty a zatmění. Sledování světelných křivek jasu zúčastněných měsíců je velice žádoucí, avšak jedná se o měření, která jsou již náročná jak na užitou techniku tak na následné zpracování.

Veškeré potřebné informace o těchto úkazech včetně detailních předpovědí získáte na stránce: <http://www.arm.ac.uk/~aac/uranus/index.html>.

Závěr

Je nutné si uvědomit, že pozorování zákrytů hvězd tělesy sluneční soustavy má i v dnešní době své opodstatnění a především některé oblasti jako např. zákryty hvězd planetkami hlavního pásu a transneptunickými tělesy, ale i vzájemné úkazy měsíců planet, mohou i dnes významnou měrou přispívat k rozšíření našich znalostí o vesmíru.

Karel Halíř, Hvězdárna v Rokycanech

Pozorovanie Slnka

História

Slnko je najjasnejším objektom oblohy a tak je len prirodzené, že si ho ľudia všimli už od dávna. Starovekí astronómovia (astrológovia) si na ňom z času na čas všimli tmavé škvrny. Najstaršie, doposiaľ známe, takéto záznamy sú z Číny z roku 2800 pred n. l. Tmavé miesta na Slnku pozorovali aj grécki filozofi Anaxagoras a Theofrastos (5. -4. stor. pr. n. l.).

Nová éra v pozorovaní Slnka nastala objavením d'alekohľadu. Prvý tmavé škvrny na povrchu Slnka pozoroval Galileo Galilei v roku 1609 a v niekoľkých nasledujúcich rokoch aj Hieronymus Fabricius v Taliansku, Tomas Harriot v Anglicku a Christopher Scheiner v Nemecku. Práve jezuita Scheiner (1625) zistil na základe pozorovania slnečných škvŕn, že Slnko nie je nehybné, že rotuje diferenciálne. Rotáciu Slnka podrobne popísal R.C. Carrington (1863), ktorý zaviedol na Slnku nultý poludník. Carringtonova rotácia sa počíta od 9.11.1853, 12 hod. UT, trvá 27,275 dňa a zodpovedá strednej synodickej dobe rotácie slnečných škvŕn v heliografickej šírke 16°.

Ďalším významným krokom bol objav spektroskopie W.H. Wolastonom, ktorý si v spektre Slnka všimol tmavé čiary, ktorých skúmaniu zasvätil takmer celý život I. J. von Fraunhofer, ktorý v spektre identifikoval 567 tmavých čiar (Fraunhoferove čiary).

V roku 1908 G.E. Hale na základe rozštepú spektrálnych čiar zistil, že v slnečných škvŕnách je silné magnetické pole. V roku 1889 H.A. Desladers vyvinul spektrohelioskop a tak mohol pozorovať Slnko v rôznych spektrálnych čiarach. Okrem fotosféry tak mohol pozorovať aj

V roku 1930 B. Lyot objavil koronograf, ktorý umožňuje pozorovanie emisnej koróny aj mimo úplných zatmení Slnka.

Fotosférické útvary

Fotosféra je jedinou vrstvou slnečnej atmosféry, ktorú môžeme pozorovať aj bez špeciálnych prístrojov v bielom svetle. Teplota fotosféry je asi 6000°C , jej hrúbka okolo 700 km, prichádza k nám z nej väčšina viditeľného svetla. Okraj slnečného disku je tmavší (okrajové stmernenie), tento efekt sa výraznejšie prejaví pri fotografovaní slnečného disku.

Slnečné škvrny

Slnečné škvrny sú chladnejšie miesta vo fotosfére, majú teplotu asi o $1500 - 2000^{\circ}\text{C}$ nižšiu ako fotosféra, preto sa nám javia ako tmavé. V skutočnosti však aj od nich k nám prichádza intenzívne svetlo, ktorého intenzita je asi 40% okolitej fotosféry. Slnečné škvrny sú miesta so silným magnetickým polom, ktoré bráni ohrievaniu fotosféry a teda tieto miesta rýchlejšie chladnú. Typická škvrna sa skladá z jedného alebo viacerých tmavých jadier (umbra - tieň) obklopených svetlejšim polotieňom (penumbra). Umbra má jas 5-15% jasú fotosféry a zaberá asi 20% celkovej plochy škvŕny. Penumbra má charakteristickú vlákniťú štruktúru, vlákna majú jas 60 - 90% fotosféry.

Škvrny sa vyskytujú prevažne v skupinách, ich tvary, rozmery aj dĺžka trvania sú veľmi rozdielne. Niektoré škvrny zanikajú v priebehu niekoľkých hodín, „rekordmanky“ môžeme pozorovať až pol roka. Škvrny sa na povrchu Slnka vyskytujú v tzv. kráľovských pásoch, ktoré siahajú približne do $\pm 40^{\circ}$ heliografickej šírky. Škvrny nového slnečného cyklu sa objavujú prevažne vo vyšších heliografických šírkach a končia v blízkosti slnečného rovníka. Grafické znázornenie tohto efektu nazývame motýlikový diagram (Maunderov diagram, Spörerov zákon).

Granulácia

Granulácia je pozorovateľná za dobrých pozorovacích podmienok, pozorovateľovi sa javí ako jemné zrnienie fotosféry. Granule sú vrcholky konvektívnych prúdov, ktoré vystupujú na povrch z konvektívnej vrstvy, stredná rýchlosť roztekania plazmy je 300-400 m/s.. Životnosť granúl je do 10 minút.

Póry

Póry sú malé tmavé body (priestor medzi granulami), ktoré je možné pozorovať len pri dobrých pozorovacích podmienkach prevažne v centrálnej časti disku. Ich životnosť je od niekoľkých do niekoľko desiatok minút a môže sa z nich vyvinúť slnečná škvrna. Každá škvrna začína svoj život ako pór.

Fakulové polia Fakulové polia sú jasnejšie miesta na slnečnom disku, sú asi o 200°C teplejšie. Najlepšie ich vidíme pri okraji disku. Bývajú v okolí slnečných škvŕn a samostatné fakulové polia sú v oblastiach bývalej/budúcej škvŕnovej aktivity. Plocha fakulových polí je asi dvojnásobná ako plocha škvŕn.

Spôsobypozorovania Slnka

Pozorovanie voľným okom

Výhodou tohto pozorovania je skutočnosť, že nepotrebujeme žiadny prístroj a tak ho môžeme robiť na ľubovoľnom mieste, ak to dovoľia pozorovacie podmienky. Jedinou

škvŕny pozorovať aj bez filtra - pri východe či západe Slnka, pri hmle, vhodnej oblačnosti, dymne a pod..

Vhodným filtrom na pozorovanie voľným okom je zväčškový filter č. 13 a 14 (jeho náklonom ešte môžeme intenzitu meniť), osvetlený a vyvolaný čb film, disketa, tenká hliníková fólia alebo špeciálny filter.

Výhodou tohto pozorovania je jeho nenáročnosť, nevýhodou relatívne malé využitie pozorovania. Tieto pozorovania je možné použiť na doplnenie štatistiky takých to pozorovaní v minulosti a ich nadviazanie do súčasnosti. Pri tomto druhu pozorovania si musíme uvedomiť, že aj negatívne pozorovanie má svoju cenu.

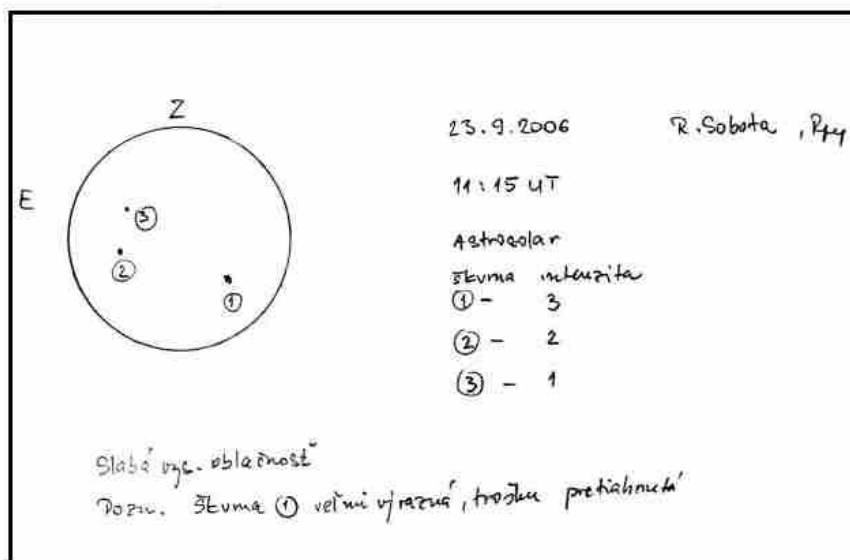
Z pozorovania vyhotovíme protokol ktorý má obsahovať:

- orientovanú kresbu (zenit je hore) s priemerom 3-5 cm, na ktorej vyznačíme polohy škvŕny/škvŕn, ktoré sme videli
- miesto pozorovania
- dátum a čas (UT)
- použitý filter
- intenzitu viditeľnosti jednotlivých škvŕn
- pozorovacie podmienky (jasno, zákal, slabá oblačnosť, silná oblačnosť, pozorovanie tesne pri obzore a pod.).

Intenzita viditeľnosti škvŕny:

1. škvŕna je na hranici viditeľnosti voľným okom
2. škvŕnu je vidieť bez problémov
3. škvŕna je viditeľná veľmi zreteľne

Zo všetkých škvŕn je voľným okom pozorovateľných asi len 6%, viac ich je v okolí maxima slnečnej činnosti, no výnimkou nie sú ani mohutné skupiny blízko minima.



Protokol z pozorovania Slnka voľným okom (fiktívny).

Pozorovanie ďalekohľadom

Pri pozorovaní ďalekohľadom musíme dbať na vhodné zoslabenie intenzívneho slnečného svetla vhodným filtrom (aj krátky pohľad ďalekohľadom bez filtra na Slnko môže spôsobiť trvalé poškodenie zraku, prípadne slepotu !) umiestneným pred objektívom. Zoslabenie filtrom v blízkosti okuláru je nebezpečné, filter sa prehreje a ľahko praskne. Filter musí byť dostatočne kvalitný aby nám neznížil kvalitu obrazu. Na vizuálne pozorovanie je veľmi dobrá špeciálna fólia (Baader astrosolar) určená na vizuálne pozorovanie.

Priame pozorovanie

Pri priamom pozorovaní počítame počet skupín a počet škvrín, všimame si fakulové polia. Tento druh pozorovania je najjednoduchší, no aj najmenej vhodný na určovanie relatívneho čísla.

Projekcia

Projekcia je jednoduchá, dostatočne presná a zároveň z hľadiska možného poškodenia zraku aj bezpečná metóda. Obraz Slnka sa premieta na vhodné tienidlo na ktorom je upevnený pozorovací protokol. Štandardne je používaný priemer kresby 25 cm, ak to je z technického hľadiska problematické, používa sa priemer 12,5 cm.

Najvhodnejšie je ak pri pozorovaní používame paralaktickú montáž s pohonom.

Vzdialenosť priemetne vypočítame zo vzťahov
(pre priemer 25 cm, ohniskové vzdialenosti sú v cm)

$$a = f(1 + 0,000373F), b = f(1 + 2683/F)$$

a - vzdialenosť okuláru od ohniskového obrazu Slnka

b - vzdialenosť projekčnej plochy od okuláru

f - ohnisková vzdialenosť okuláru

F - ohnisková vzdialenosť objektívu

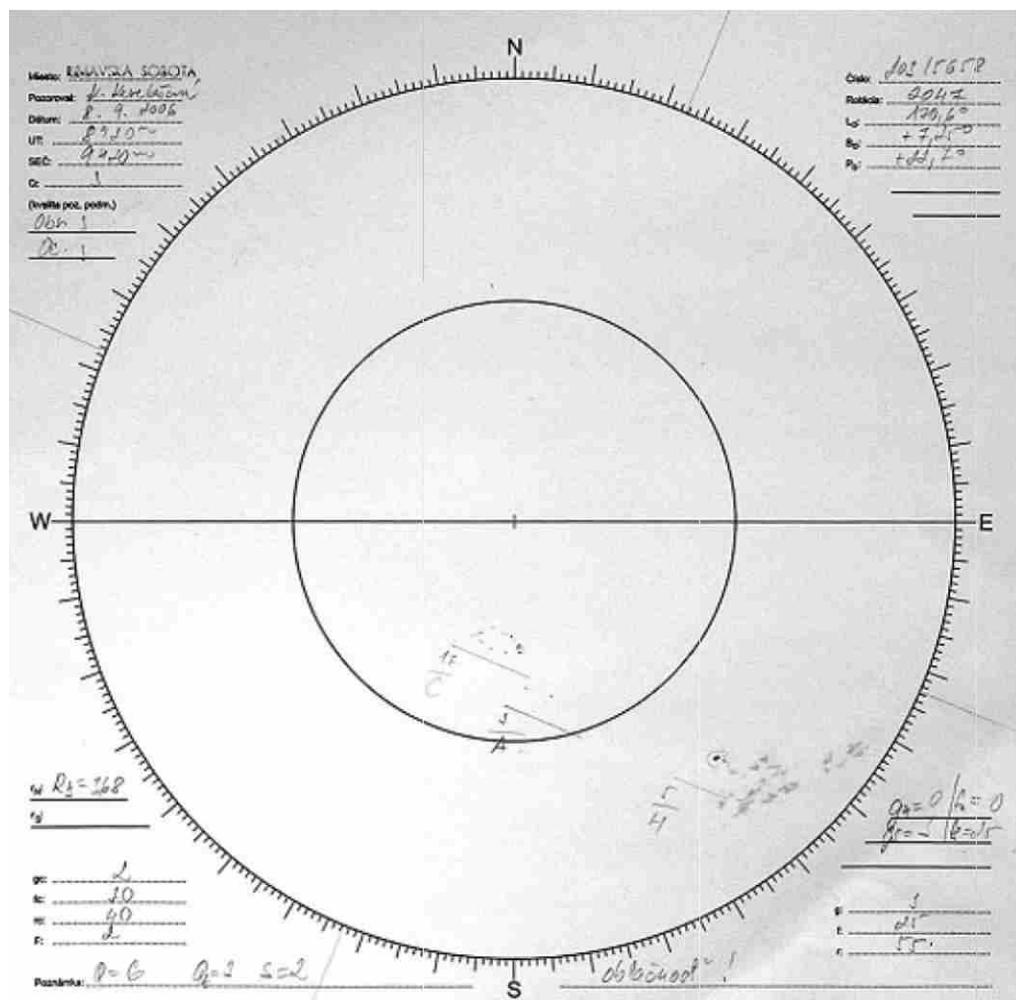
Pozorovaciu dobu volíme podľa toho, kedy je vhodné počasie (neklud vzduch) - individuálne podľa jednotlivých pozorovacích miest.

Postup zakresľovania:

- ďalekohľad namierime na Slnko, okolie kresby (miestnosť) zatemníme - zakresľovací protokol zorientujeme (pozor na smer E-W !)
- zakreslíme všetky útvary na povrchu slnečného disku
- zapíšeme potrebné údaje (čas - stačí s presnosťou 5 min, miesto pozorovania, meno pozorovateľa, ocenenie pozorovacích podmienok). Tabuľky ocenení pozorovacích podmienok sú v prílohe.

Spracovanie pozorovania - doplnenie údajov

- číslo rotácie (napr. z Astr. ročenky)
- L0 heliografická dĺžka v čase pozorovania
- B0 heliografická šírka
- P0 pozíčný uhol rotačnej osi Slnka
- číslo kresby (napr. porad. číslo kresby v roku/celkový počet kresieb)



Ukážka kresby Slnka z 8.9.2006.

Do protokolu nakreslíme rotačnú os Slnka a slnečný rovník.

U skupín slnečných škvrn určíme ich typy (v prílohe) a zapíšeme počet škvrn.

Vypočítame Wolfove relatívne číslo: $R = 10g + f$ (prípadne ďalšie indexy)

g - počet skupín (aj jedna osamotená škvrna je považovaná za skupinu)

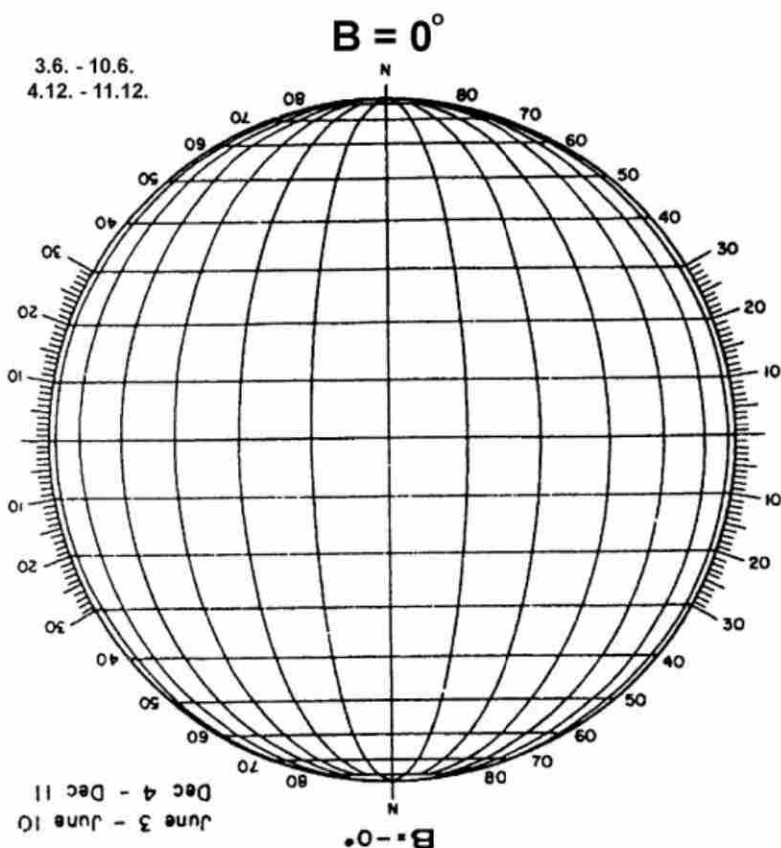
f - počet všetkých škvrn

Určíme relatívne číslo v centrálnej oblasti, prípadne severnej a južnej pologule.

Po skončení mesiaca vyhotovíme mesačný protokol a zašleme koordinátorom daného typu pozorovania. Forma protokolov je rôzna podľa požiadaviek jednotlivých koordinátorov (SIDC, Sonne, Prešov, Valašské Meziříčí a pod.).

Ďalšie spracovanie kresby

Pomocou heliografickej sieťky určíme súradnice škvrn.



Heliografická sieťka pre $B = 0^\circ$

Ak nemáme heliografickú sieťku, vypočítame súradnice nasledovne. Odmeriame pozičný uhol škvrny Q (meriame od severu smerom na východ) v intervale $0 - 360^\circ$, vzdialenosť ťažiska škvrny od centra disku x v milimetroch a vypočítame hodnotu ρ :

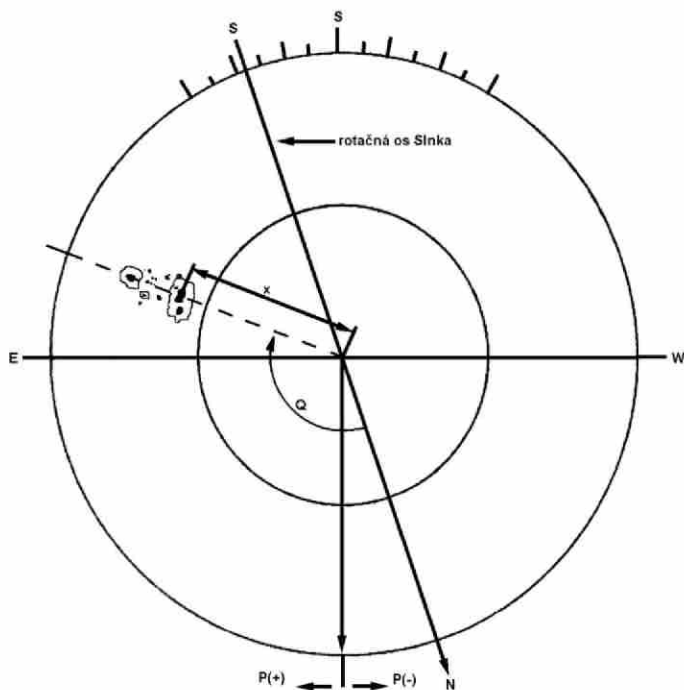
$$\rho = \arcsin x/R$$

R - polomer zákresu v milimetroch

Vypočítame heliografickú šírku b a heliografickú dĺžku l škvrny:

$$b = \arcsin(\sin B_0 \cos \rho + \cos B_0 \sin \rho \cos (P-Q))$$

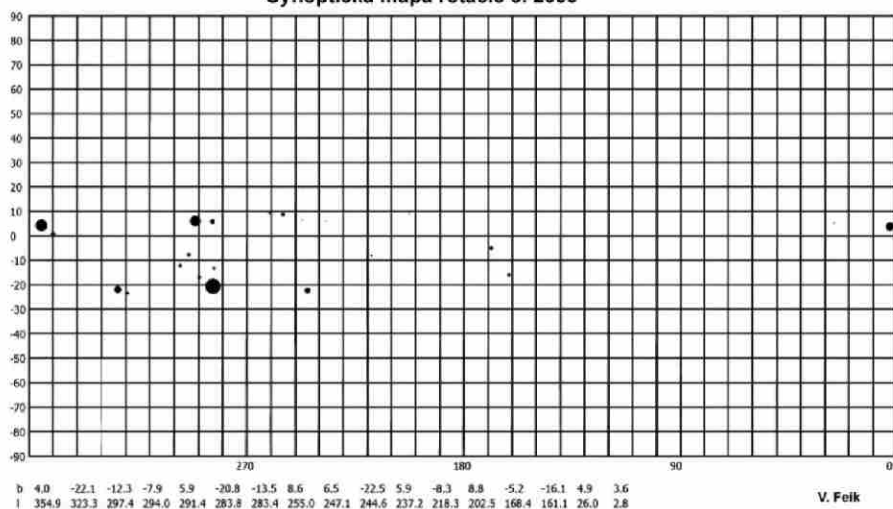
$$l = [\arcsin(\sin \rho \sin (P-Q) / \cos b)] + L_0$$



K určení heliografických súradníc škvorny

Ak máme určené súradnice všetkých škvŕn, môžeme si nakresliť synoptickú mapu, prípadne začať kresliť motýlikový diagram.

Synoptická mapa rotácie č. 2009



Určenie niektorých indexov

Wolfove relatívne číslo (R)

Relatívne číslo je najzaužívanejším ukazovateľom slnečnej činnosti.

Je vyjadrené vzťahom:

$$R_i = k(10g + f), \quad k = R_i/R$$

R - relatívne číslo za daných pozorovacích podmienok, koeficient $k = 1$ pre refraktor 80/1100 (Zürich) za ideálnych podmienok. Súbor pozorovaní redukovaných na zürišský prístroj je „medzinárodná zürišská škála“. V súčasnosti je centrum v Bruseli (SIDC - Solar Influences Data Analysis Center).

Pettisov index (SN - Sunspot Number)

SN index je číslo slnečných škvŕn, ktoré charakterizuje početnosť škvŕn s penumbrou a je dané vzťahom

$$SN = 10p + s$$

p - počet penumbier

s - škvŕny bez penumbry

Beckove číslo (RB)

RB zahŕňa plošnú charakteristiku jednotlivých typov slnečných škvŕn a je dané vzťahom

$$RB = \sum W_i f_i$$

W_i - váhové číslo typu skupiny

f_i - počet škvŕn v danom type skupiny

Jednotlivým typom zürišskej klasifikácie priradzuje hodnotové čísla:

A = 4, B = 4, C = 8, D = 18, E = 25, F = 36, G = 50, H = 44, J = 37.

CV index (Classification Value - klasifikačná hodnota)

CV index vychádza z McIntoshovej klasifikácie slnečných škvŕn, každému typu tejto klasifikácie je priradená hodnota podľa tabuľky.

Axx = 1					
Bxo = 2 Bxi = 3					
	Hrx = 4	Cro = 5 Cri = 6	Dro = 13 Dri = 16	Ero = 14 Eri = 17	Fro = 15 Fri = 18
	Hax = 7	Cao = 8 Cai = 9	Dao = 19 Dai = 22	Eao = 20 Eai = 23	Fao = 21 Fai = 24
	Hsx = 10	Cso = 11 Csi = 12	Dso = 25 Dsi = 28 Dac = 31 Dsc = 34	Eso = 26 Esi = 29 Eac = 32 Esc = 35	Fso = 27 Fsi = 30 Fac = 33 Fsc = 36
	Hkx = 37	Cko = 38 Cki = 39	Dko = 43 Dki = 46	Eko = 44 Eki = 47	Fko = 45 Fki = 48
	Hhx = 40	Cho = 42 Chi = 42	Dho = 49 Ddi = 52 Dkc = 55 Dhc = 58	Eho = 50 Ehi = 53 Ekc = 56 Ehc = 59	Fho = 51 Fhi = 54 Fkc = 57 Fhc = 60

$$CV = \Sigma CV_i$$

CV_i - tabulkové CV hodnoty jednotlivých typov škvrn.

Prečo kresliť Slnko

Pravidelné pozorovanie fotosféry s nástupom kozmických sond stratili na čiastočne na význame, no zmysel stále majú, predovšetkým štatistický, pretože dlhé rady pozorovaní sú vhodné na skúmanie zmien slnečnej aktivity. Je ešte jeden, veľmi jednoduchý dôvod prečo kresliť: pretože Slnko je a táto činnosť je nielen pekná ale aj prospešná.

Kvalitné pozorovania sústreďuje centrum v Bruseli (predtým v Zürichu) - SIDC - Solar Influences Data Analysis Center, kde ich niektoré pozorovacie stanice posielajú denne online. Pozorovania Slnka od nás sústreďuje Hvezdáreň a planetárium v Prešove a Hvezdárna Valašské Meziříčí, vážnym záujemcom poskytnú podrobnejšie informácie.

Fotografické / CCD pozorovania

Ak máme k dispozícii vhodné záznamové zariadenie (fotoaparát, CCD kameru, webkameru) môžeme Slnko pozorovať aj týmto objektívnym záznamom.

Fotografovať môžeme priamo v ohnisku ďalekohľadu alebo v projekcii za okulárom, výhodnejšie sú kamery veľkoformátové. V súčasnosti sa využívajú fotoaparáty digitálne. Môžeme použiť čierno-biely aj farebný fotografický, jemnozrnný a málo citlivý materiál. Pri exponovaní disku i detailov dbáme na správnu orientáciu obrazu podobne ako pri denných kresbách Slnka (severný svetový pól je hore). Na internete nájdeme množstvo pekných, nezorientovaných, obrázkov, ktoré sú však poväčšine len „peknými obrázkami“...

Pozorovanie CCD kamerami je vhodné - výsledok vidíme takmer okamžite, pri použití lacných webovských kamier môžeme získať kvalitné záznamy, no ich spracovanie však vyžaduje troška viac trpezlivosti pri spracovaní množstva obrázkov.

Na niektorých hvezdárnach majú protuberančné ďalekohľady, ktoré sa však využívajú len veľmi málo. Sú to pozorovania o niečo náročnejšie, no aj v dnešnej dobe, keď je Slnko automaticky monitorované z kozmického priestoru či zo Zeme, svoj význam majú. Prístroje na sonde SOHO majú z technických dôvodov najbližšie okolie Slnka odclonené, podobne ako prístroje automatické na niektorých observatóriách. Pravidelné pozorovania protuberancií sú v súčasnosti robené len na niekoľkých miestach (Lomnický štít, Norikura, Kislovodsk).

Pri fotografovaní protuberancií (celého disku) orientujeme zväčša obrázok k severnému svetovému pólu, v prípade exponovania len časti limbu je vhodná orientácia obrázku podľa pozíčného uhla v čase pozorovania. Veľkosť umelého mesačika v protuberančnom ďalekohľade volíme tak, aby jeho priemer bol o 10" menší ako je skutočný obraz Slnka. Denné pozorovania protuberancií sú uverejňované v Solar Geophysical Data. Pozorovania protuberancií po spracovaní môžu doplniť katalóg protuberancií z Lomnického štítu. V katalógu je čas pozorovania, pozíčný uhol protuberancie, intenzita (škála 1 - 3) a plocha protuberancie (stupne x výška v 10").

Kresby Slnka - ocenenie pozorovacích podmienok

Q	ocenenie/obraz	charakteristika
1	5/2, 5/1, 4/1	Podmienky veľmi nepriaznivé Veľmi silné kmitanie obrazu, pozorovanie často rušené hustou oblačnosťou, obraz Slnka sa takmer nedá zaostrit', malé škvrny nie sú identifikovateľné, presná poloha škvŕn a presný tvar penumbry sa nedá určiť, identifikovateľné sú iba veľmi jasné fakulové polia.
2	4/3, 4/2, 2/3, 2/2, 3/2	Podmienky nepriaznivé Značné kmitanie obrazu, pozorovanie občas rušené oblačnosťou, zaostrenie Slnka je problematické, malé škvrny sú ťažko identifikovateľné, presná poloha škvŕn a presný tvar penumbry sa s istotou nedá určiť, slabšie fakulové polia sú ťažko identifikovateľné.
3	3/3, 3/4	Podmienky priemerné Mierne kmitanie obrazu, pozorovanie nerušené oblačnosťou, zaostrenie obrazu nie je problematické, malé škvrny sú identifikovateľné, v stredovej oblasti je pozorovateľná granulácia, poloha škvŕn a tvar penumbry sa dá určiť s dostatočnou istotou, fakulové polia sú dobre identifikovateľné.
4	2/4, 1/4	Podmienky dobré Nepatrné kmitanie obrazu, pozorovanie nerušené oblačnosťou, malé škvrny sú dobre viditeľné, dobre pozorovateľná granulácia, presná poloha škvŕn a tvar penumbry sa dá určiť s istotou, fakulové polia sú dobre viditeľné.
5	1/5, 2/5	Podmienky vynikajúce Ideálne pozorovacie podmienky s takmer nepostrehnuteľným kmitaním obrazu, pozorovanie nerušené oblačnosťou, veľmi dobrá ostrosť obrazu, škvŕn, penumbier a granulácie, všetky detaily sú veľmi dobre pozorovateľné, zvlášť dobre vynikne štruktúra fakúl.
Q ^{exp-exp}		Podmienky značne premenlivé Počas pozorovania sú pozorovacie podmienky výrazne premenlivé. Exponenty označujú stupne kvalít pozorovacích podmienok, v ktorých sa zmena uskutocnila. Napríklad 0 ¹⁻³ . znamená, že pozorovacie podmienky sa menili v rozmedzí hodnotenia 1 - 3. Premenlivé pozorovacie podmienky značne uberajú z kvality pozorovania (napr. nehomogénny zákres). Preto takémuto stavu počasia je potrebné sa vyhnúť. Keď však to nie je možné, použijeme toto hodnotenie.

Stupnice pre posúdenie pozorovacích podmienok „seeing“ - Sonne

(Q) - Kvalita - Quality – Qualität

Excelent (výborná):	pre dni s mimoriadne zreteľnou viditeľnosťou detailov.
Good (dobrá):	priemerná viditeľnosť detailov na slnečnom povrchu individuálne podľa pozorovateľa.
Fair (priemerná):	viditeľnosť detailov podpriemerná, ale pozorovanie nie je nepriaznivo ovplyvnená.
Poor (slabá):	značne zdeformovaný obraz, znížená kvalita pozorovania.
Worthless (bezenná):	podmienky natoľko zlé, že pozorovanie nie je pre nízku kvalitu použiteľné.

Pozorovacie podmienky by mal pozorovateľ ohodnotiť na základe individuálnych kritérií, ktoré zahŕňajú tiež možnosti použitého prístroja a priemerné podmienky viditeľnosti (seeingu).

Pri hodnotení treba uvažovať scintiláciu (turbulenciu), rozmazanosť (nezreteľný obraz), priepustnosť (zákal, hmla, tenká oblačnosť) a iné vplyvy, ktoré obmedzujú viditeľnosť povrchových štruktúr.

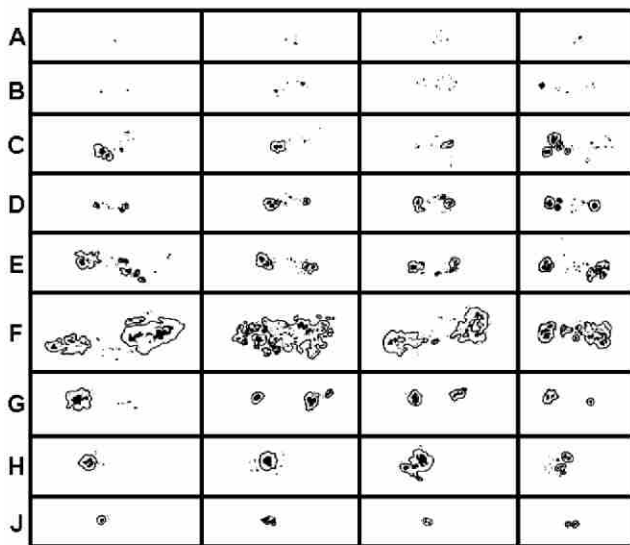
Pre kvalitatívne ohodnotenie pozorovacích podmienok použite nasledovnú modifikovanú Kiepenheuerovu škálu:

(Q) - Pokoj - Motion (Quit) – Ruhe

- 1 žiadne chvenie obrazu, ani na okraji ani na slnečnom disku
- 2 chvenie obrazu = 2" iba na okraji, temer nebadateľné na disku
- 3 chvenie obrazu = 4" dobre viditeľné na okraji ako aj na disku, okraj disku sa vlní a pulzuje
- 4 chvenie obrazu = 8" temer znemožňuje rozlíšenie umbry a penumbry (a takto ovplyvňuje ostrosť obrazu), slnečný okraj sa silne vlní a pulzuje
- 5 amplitúda chvenia obrazu > 8" dosahuje rozmery škvŕn, slnečný okraj sa veľmi vlní a pulzuje.

(S) - Ostrosť - Sharpness – Schärfe

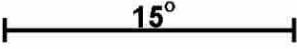
- 1 granulácia veľmi zreteľná, rozoznateľná je štruktúra penumbry
- 2 granulácia zreteľná, penumbry dobre viditeľné, ale temer bez jemnej štruktúry. Hranica medzi umbrou a penumbrou je ostrá, rovnako aj prechod do fotosféry.
- 3 viditeľné sú náznaky granulácie, ale štruktúra slnečného povrchu je ešte dobre viditeľná pri pohybe slnečného obrazu. Umbry a penumbry ešte dobre oddelené, ale bez jemnej štruktúry, prechod do fotosféry ťažko definovateľný.
- 4 štruktúra granulácie neviditeľná, umbra a penumbra rozlíšiteľná iba pri väčších škvŕnách, prechod do fotosféry sa stráca
- 5 granulácia neviditeľná. umbra a penumbra nerozlíšiteľná ani vo väčších škvŕnách.



0° 10° 20° 30°

McIntoshova klasifikácia

Upravený Zürišský typ	Penumbra najväčšej škvrny	Rozloženie škvŕn v skupine
A 	x 	x 
B 	r 	o 
C 	s 	i 
D 	a 	c 
E 	h 	
F 	k 	
H 		



Pavol Rapavý

Digitálne zatmenie

Abstrakt

Získanie údajov o slnečnej koróne počas pozorovania úplného zatmenia Slnka v tureckom Side pomocou výhradne digitálnej techniky si za svoj cieľ určila skupina pozorovateľov Slovenského Zväzu Astronómov Amatérov. Počas prípravy experimentov spolupracovali členovia expedície s profesionálnymi astronómami Astronomického ústavu SAV. Expedícia využila výnimočné vlastnosti CCD kamier a špeciálneho astronomického softvéru na získanie veľkého množstva kvalitného materiálu pre ďalšie spracovanie.

Expedícia

Miesto pozorovania:	Side, Turecko, E 31,38722°, N 36,76389°
Doprava:	individuálna, dvoma osobnými autami
Financovanie:	za vlastné s čiastočnou podporou sponzorov
Účastníci:	Ján Fabrícius, Jaroslav Francisty, Jaroslav Grňa, Miroslav Grnja, Ivan Majchrovič, Roman Piffel, Pavol Rapavý, Pavol Urban

Experimenty

Detail vnútornej koróny v bielom svetle:

- smerovanie: východná a západná rovníková oblasť okraja Slnka
- objektív: dvojica identických reflektorov MC 90/1200
- montáž: CG-5 GT + 26° klin
- snímáč: CCD kamera astropix 1.4, 1376x1038 pixlov
- pole: 25,43×19,18'
- rozlíšenie: 1,1"/pixel
- expozície: 120 sérií sady 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 a 128 ms.

Vnútna koróna v bielom svetle:

- smerovanie: stred Slnka
- objektív: refraktor 90/480
- montáž: paralaktická Astro-3 s pohonom
- snímáč: CCD kamera astropix 1.4, 1376x1038 pixlov
- pole: 63,56×47,95'
- rozlíšenie: 2,77"/pixel
- expozície: 120 sérií sady 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 a 128 ms.

Vonkajšia koróna v bielom svetle:

- smerovanie: stred Slnka
- objektív: Sonnar 2,8/180
- montáž: CG-5 GT
- snímáč: CCD kamera astropix 1.4, 1376x1038 pixlov
- pole: 169,50×127,87'

Live prenos:

- smerovanie: stred Slnka
- objektív: Sigma 4,5/300
- montáž: paralaktická CG-2 s pohonom
- snímač: CCD kamera SHT 1.3, 1280x1024 pixlov
- pole: 98,27×78,62'
- rozlíšenie: 4,61"/pixel
- expozície: priebeh zatmenia v intervale 5', vždy sada 10×3 ms, počas totality 3 sady 10×100 ms.

Digital color:

- smerovanie: stred Slnka
- objektív: refraktor Celestron 102/500mm
- montáž: paralaktická GSO s pohonom
- snímač: Nikon D200
- pole: 161,06×107,82'
- rozlíšenie: 2,50"/pixel
- expozície: 10 sérií sady 1/1000, 1/250, 1/60, 1/15, 1/4 a 1 s pri ISO 100.

Polarizácia koróny v bielom svetle:

- smerovanie: stred Slnka, 1. expozícia: polarizátor na severný pól
- objektív: Sonnar 4/300 + telekonvertor (ekv. ohnisko 600 mm)
- montáž: drevený statív
- snímač: Olympus E 500, 8 Mpx, ISO 100
- filter: polarizačný filter
- expozície: série v 3 rozličných uhloch: 0, ± 60o.

Polarizácia zelenej koróny v 503,3nm:

- smerovanie: stred Slnka, 1. expozícia s polarizátorom na severný pól
- objektív: refraktor Celestron 150/1200
- montáž: CG-5 GT
- snímač: CCD kamera SI-4000F
- pole: 70,4'×70,4'
- rozlíšenie: 2,1"/pixel
- filter: 503,277 ± 0,006 nm (teplota 28,5 ± 0,3°C) + polarizačný filter,
- expozície (polarimetria zelenej koróny 503,3 nm):
série v 3 rozličných uhloch: 0, ± 60° - presnosť < 0,5° :
1, 5, 25, 125, 600, 10×2000 ms.

Získaný materiál:

Experiment 1.: detail západného okraja - 991 snímok (2,89 GB), snímky sú excelentné.
Experiment 1.: detail východného okraja - 881 snímok (2,64 GB), snímky nemajú dokonalú kresbu.
Experiment 2.: vnútorná koróna - 405 snímok (1,41 GB), snímky sú kvalitné.
Experiment 3.: vonkajšia koróna - 742 snímok (2,64 GB), snímky sú rozostrené.
Experiment 4.: live - 380 snímok (128 MB), snímky sú mierne preexponované.
Experiment 5.: Digital Color - 66 snímok (2,32 GB), snímky sú priemerné.
Experiment 6.: polarizácia bielej koróny - 16 snímok, posledná sekvencia je, žiaľ, nekompletná
Experiment 7.: polarizácia zelenej koróny - 45 obrázkov zelenej koróny, 906 ďalších kalibračných snímok.

Získané dáta zo všetkých úspešných experimentov obsahujú informácie, ktoré je pomerne zložité vizualizovať aj interpretovať, pretože takýto typ informácie o slnečnej koróne dosiaľ nebol v takom rozsahu a kvalite získaný. Najmä výsledky experimentov WEST a GREEN CORONA sú jedinečné, pretože obsahujú dáta v rozsahu a kvalite doteraz nepoznanej. Všetkým záujmom o štúdium slnečnej koróny sú všetky údaje voľne k dispozícii pre ďalšie spracovanie. O údaje je možno požiadať e-mailom na adrese ivan.bpu@chello.sk.

SZAA Solar Eclipse Team Side 2006

Pozorovanie zákrytu M45 Mesiacom pomocou CCD kamery

Abstrakt

12.9.2006 nastal zákryt hviezdokopy M45 Mesiacom. Pre testovanie možnosti pozorovania zákrytov pomocou CCD kamery astropix 1.4 sa tento úkaz pokúsila pozorovať skupina bratislavských pozorovateľov. Celkovo bolo nasnímaných viac ako 11.000 diskretných snímok, zaznamenaných 15 výstupov hviezd a ďalšie výstupy sú vo fáze spracovania.

Pozorovatelia: Roman Piffl, Pavol Urban, Ivan Majchrovič

Použitá technika:

- reflektor Newton 200/800 s mimoosovou clonou 60mm
- montáž Celestron CG5 Advanced GT
- CCD kamera astropix 1.4
- Notebook Acer TravelMate4650
- UPS, PowerCube, akumulátory, GPS.

Miesto pozorovania:

N48°04'09", E17°08'35"

Technika pozorovania:

- montáž nastavená na Lunar rate
- predpoveď podľa programu LOW, sekvencie metódou START-STOP, štart sekvencie podľa hodín v GPS cca 5sekúnd pred predpovedaným výstupom
- nastavenie CCD kamery:
 - formát snímok FIT 12/16 bit
 - binovanie 4x4 t.j. formát snímky 344x258pix
 - reálny framerate 40snímok/sek
 - gain 31,53
 - expozícia 15ms

Cieľ pozorovania:

- test pozorovacej zostavy
- získanie skúseností
- zaznamenanie okamžikov výstupov
- spracovanie diskretných obrázkov do animácií.

Čo nebolo cieľom:

- získanie pekných obrázkov
- získanie presných časových údajov, nakoľko synchronizácia času v notebooku ešte nie je vyriešená.

Čo sa podarilo:

- nasníмали sme 27 sekvencií
- celkový počet diskretných snímok je viac ako 11.000
- zaznamenali sme 15 merateľných výstupov bez potreby použitia analýzy úrovni
- predpokladáme, že ďalšie merateľné výstupy by sme získali pri meraní úrovni v inkriminovanom bode výstupu.

Resume:

- po zvládnutí synchronizácie času v notebooku za pomoci modulu GPS bude možná vysoká presnosť merania, nakoľko po spustení kamery sa počítačový čas určí podľa systémového času počítača a potom už bežia vnútorné hodiny kamery riadené kryštálom
- pre dosiahnutie vyššej zaznamenateľnej magnitúdy bude potrebné používať väčší priemer objektívu
- pri použití funkcie na vyčítavanie len časti obrazu kamery je možný zvýšiť framerate a odľahčiť záťaž systému pri ukladaní snímok na disk počítača
- predpokladáme, že uvedená zostava pri využití všetkých výhodných vlastností CCD kamery astropix 1.4 a jej astronomického softvéru môže slúžiť na presné zaznamenanie zákrytov hviezd Mesiacom, dotyčnicových zákrytov ako aj planétkových zákrytov.

Viete, ako chutí vzdialený vesmír?

Úvod

Optical afterglows of Gamma Ray Bursts (GRBs), toto je síce presný, ale laikom, či menej skúseným astronómom amatérom nič nehovoriaci názov. Preto som sa rozhodol radikálne ho preformulovať na „Viete, ako chutí vzdialený vesmír?“ Reč však nebude globálne o vzdialenom vesmíre, ale len o zlomku objektov, ktorých svetlo k nám prichádza prevažne zo vzdialeného vesmíru. Optické pozorovanie dosvitov zábleskov žiarenia gama je v astronómii novinkou a veľmi horúcou témou, preto si myslím, že sa tomu naozaj oplatí venovať. V nasledujúcich chvíľach sa dozviете, že podobné pozorovanie je možné robiť aj na amatérskej úrovni a dokonca s výsledkami!

História GRB

Objav zábleskov žiarenia gama (GRB) sa datuje do obdobia 1960 až 1973, kedy operovali americké satelity VELA, určené na detekciu testov jadrových zbraní. Ich cieľom bolo zachytiť gama žiarenie pochádzajúce z prípadných zakázaných testov. Sice nedetegovali ani jeden výbuch jadrovej bomby, podarilo sa im zachytiť veľké množstvo zábleskov prichádzajúcich zo všetkých možných smerov. Až v roku 1973 bola publikovaná prvá práca, ktorá odštartovala štúdium týchto záhadných objektov. Objav GRB bol potvrdený veľkým množstvom neskorších kozmických projektov. Stále však nikto ani len netušil aký je pôvod tohto fenoménu. Malý zvrat prišiel so štartom Compton Gamma Ray Observatory, ktoré nieslo extrémne citlivý gama detektor nazývaný BATSE. Pomocou dát z tohto zariadenia sa zistilo, že rozloženie GRB je izotropné a tým pádom to nie sú objekty Galaktickej roviny, ako sa skôr usudzovalo.

Ďalším a dá sa povedať, že do dnešnej doby najväčším zlomom vo výskume GRB bol 28. február 1997. Taliansko-nemecká družica BeppoSAX detegovala záblesk v röntgenovej oblasti spektra a určila polohu (GRB 70228), to bol signál pre pozemské ďalekohľady. Úlohy sa ujal tím na 4,2 metrovom ďalekohľade WHT (William Herschel Telescope, La Palma). Podarilo sa im úspešne identifikovať optický náprotivok GRB. Od tej doby bolo pozorovaných už veľa dosvitov. Ak sa podarí určiť presnú polohu GRB na oblohe a je pozorovaný dosvit v optickej oblasti je to signál pre veľké ďalekohľady, aby získali spektrum, z ktorého vieme určiť vzdialenosť pozorovaného objektu. Už po získaní prvých spektier bolo jasné, že GRB nepochádzajú z našej Galaxie, ale zo vzdialeného vesmíru.



Umelecká predstava dvoch neutrónových hviezd v procese zrážania.

Čo sú to za objekty?

GRB (gamma ray bursts) sú najenergetickejším fenoménom vo vesmíre. Trvajú od zlomkov sekúnd po hodiny a môžu byť nasledované dosvitmi v X, UV, či optickom a rádiovom obore. Pochádzajú zo vzdialeného vesmíru a ich polohy na oblohe sú náhodné. V podstate ich môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín. Krátke GRB, ktoré trvajú menej ako 2 sekundy a dlhé GRB trvajúce niekedy aj oveľa viac ako 2 sekundy. Len pre zaujímavosť by sa dala vytvoriť aj tretia kategória z objektov, ktoré sú iné, a svojou charakteristikou sa odlišujú. Napríklad GRB060218A, ktorého jasnosť dosvitu s časom narastala.

Krátke záblesky žiarenie gama

Je pre ne charakteristická menšia vzdialenosť, ale stále sa jedná o extragalaktické objekty. Ich celková energia je menšia ako u dlhých zábleskov. Sú však častejšie, ale kvôli ich krátkemu trvaniu máme málo spoľahlivých pozorovaní. Len pre pár krátkych GRB bola lokalizovaná materská galaxia.

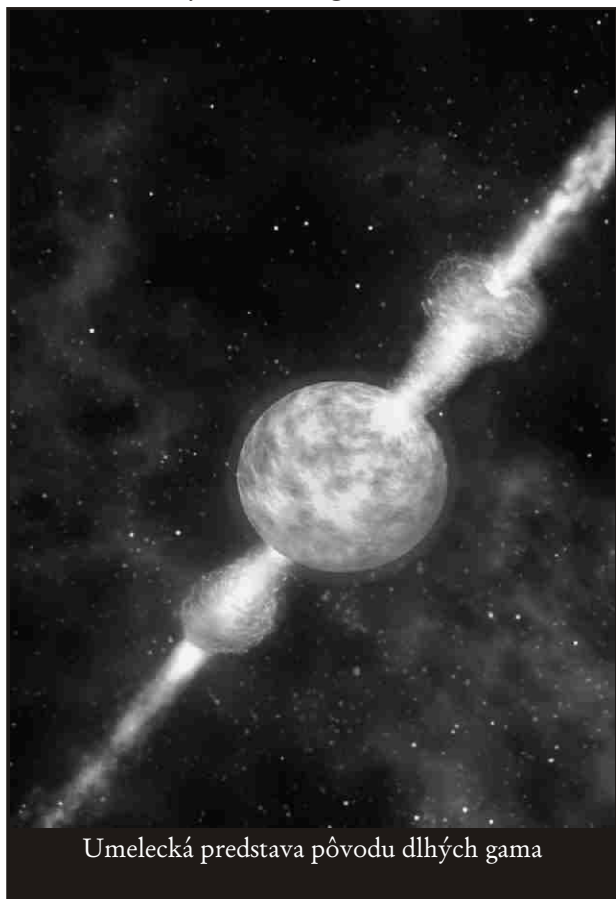
Pôvodom týchto objektov pravdepodobne nie sú supernovy. Jedným z možných vysvetlení je teória popisujúca splynutie dvoch čiernych dier, či dvoch neutrónových hviezd. K tejto teórii ukazuje aj fakt, že krátke GRB pozorujeme relatívne ďaleko od materských galaxií, ktoré patria medzi staré galaxie z relatívne malým z . To, sa dá vysvetliť tak, že sa jedná pravdepodobne o staré objekty, ktoré vznikli v materskej galaxii dávno a počas svojej cesty po galaxii sa dostali až ku jej okraju. Takým starým objektom môže byť už spomínaná dvojica čiernych dier či neu-

Prečo sa dva takéto telesá nepohybujú po stabilných dráhach, ale sa približujú a nakoniec splynú môžeme vysvetliť pomocou obcej relativity. Telesá strácajú svoju rotačnú energiou vyžarovaním gravitačných vln.

Ďalšia teória, popisujúca iba malú časť krátkych zábleskov žiarenia gama sú tzv.: „magnetar giant flares“. Magnetar je neutrónová hviezda s veľmi silným magnetickým poľom zamrznutým v jej látke. Magnetar sa môže dostať do „outburstu“ pričom sa vyprodukuje obrovské množstvo vysoko energetických fotónov. Pre túto teóriu sa však neukazovalo dostatočné množstvo dôkazov, až 27.12.2004 vzplanul magnetar SGR 1806-20 a to tak silno, že všetky gama detektory na družiciach okolo Zeme boli zrazu saturované.

Avšak zatiaľ iba veľmi málo zábleskov žiarenia gama vo svojich spektrách naznačuje, že by mohlo ísť aj o magnetar giant flares.

Dlhé záblesky žiarenia gama



Umelecká predstava pôvodu dlhých gama

Dlhé gama záblesky sú oveľa zriedkavejšie, prichádzajú k nám z väčšej vzdialenosti, čiže aj z mladšieho vesmíru. Charakterizuje ich podobná celková energia, čo naznačuje, že by mohlo ísť o rovnaký, či podobný proces u všetkých týchto objektov. Astrofyzici vedia z vysokou istotou povedať, že energia u dlhých GRB je uvoľňovaná v jetoch. Pravdepodobne sa jedná o špeciálny druh supernovy, nazvaný „collapsar“. Dlhé záblesky žiarenia gama boli pozorované v materských galaxiách práve tam, kde by sa mali nachádzať masívne hviezdy, ako sú napríklad nepravidelné galaxie. Preto je vysoko pravdepodobné, že sa jedná o kolaps veľmi hmotnej a veľmi horúcej hviezdy, ktorá žije len veľmi krátko, povedzme niekoľko stotisíc rokov a počas svojho krátkeho života nemá možnosť uniknúť ďaleko od miesta svojho vzniku. Teórií o špeciálnom type supernov nasvedčuje aj niekoľko pozorovaní, kedy supernova nasleduje GRB: GRB 060218 (SN 2006aj), GRB 030329 (SN 2003dh), GRB 980425 (SN 1998bw).

Dnešné spôsoby pozorovania GRB

Čo sa dnes používa na pozorovanie GRB? Na túto otázku sa dá pomerne ľahko odpovedať,

v podstate takmer každý veľký ďalekohľad má vo svojom programe aj pozorovanie GRB. O detekciu a lokalizáciu sa starajú družice na obežnej dráhe: Integral, SWIFT, BeppoSAX. Do pozorovaní sa tiež zapájajú družice XMMT a Chandra, či HST. A samozrejme obrovské množstvo pozemských teleskopov. Existuje sieť robotických ďalekohľadov, ktorých cieľom je tesne po detekcii GRB nasnímať pole určené družicou a v príslušnom poli zidentifikovať hviezdy a zistiť, či tam nie je „niečo na viac“. Takýmto prístrojom je napríklad 25cm ďalekohľad BART v Ondřejove. Do lovu optických dosvitov a následne spektier sa však zapájajú aj veľké ďalekohľady ako napríklad Gemini či VLT.

Princíp pozorovania GRB

Pozorovanie dosvitov GRB je možné v podstate len vďaka internetu. Hneď, ako nejaká z družíc deteguje splanutie záblesku gama, určí jeho polohu na oblohe, typicky z chybou par oblúkových minút. Tiež začne pozorovať dané miesto pomocou optického ďalekohľadu na palube. Informácia o detekcii a polohe je okamžite rozposielaná pozorovateľom pomocou tzv. GCN Circular. Dôležitá je rýchlosť z akou sa ďalekohľad dostane na dané miesto oblohy. Malé, robotické ďalekohľady to dokážu za pár sekúnd, urobia expozíciu, následne astrometriu a veľmi rýchlo dokážu zistiť, či sa v danom poli nejaký optický dosvit nachádza. V prípade, že áno, letí internetom ďalší mail s spresnenou polohou a odhadovanou jasnosťou. To je signál pre nejaký z veľkých ďalekohľadov, ktorý je schopný získať spektrum.

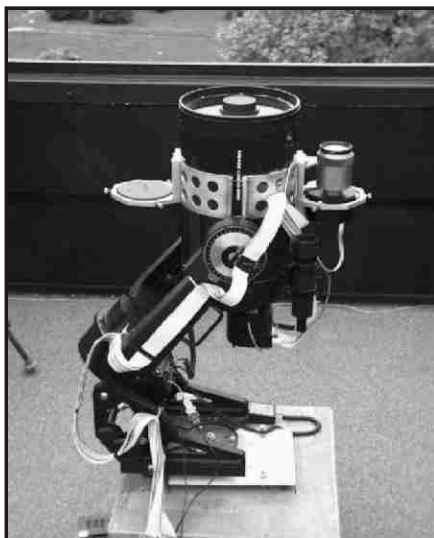
Faktom však je, že len malá časť GRB má dosvity v optickom obore. Keď je už nejaký dosvit pozorovaný, obvyčajne sa jedná o veľmi slabý úkaz, typicky na hranici pozorovacích možností malých ďalekohľadov. Zväčša sú hviezdne veľkosti GRB dosvitov slabšie ako 16mag a veľmi rýchlo pohasínajú. Preto sa už v podstate krátko po detekcii stávajú nepozorovateľnými pre malé astronomické prístroje. Práve z týchto dôvodov je toto pozorovanie dosť náročné a každé pozitívne pozorovanie je užitočné.

GRB a ich pozorovanie v ČR a SR

Na Slovensku sa pozorovaniu optických dosvitov GRB nevenuje žiadna hviezdáreň. V Čechách sa nachádza jeden robotický ďalekohľad, ktorého hlavným poslaním je pozorovanie GRB. BART (Burst Alert Robotic Telescope) sa nachádza v astronomickom ústave v Ondřejove, má priemer 25cm. Ďalším, avšak už nie robotickým, ďalekohľadom, ktorý sa venuje pozorovaniu dosvitov GRB je 60cm ďalekohľad Masarykovej univerzity na Monteboo observatory. Práve pomocou tohto ďalekohľadu a tiež pomocou 40cm ďalekohľadu hviezdárne a planetária M. Koperníka, ktorý sa nachádza v susednej budove bol pozorovaný prvý optický dosvit GRB v Čechách. GRB 050922C, ktorého jasnosť bola 18mag. K tomu gama záblesku sa podarilo získať spektrum pomocou Noprđic Optical Telescope, zo spektra bola určená vzdialenosť na $z = 2,17 \pm 0,03$.

Ako sa môžu zapojiť amatéri

Samotné pozorovanie je veľmi jednoduché, stačí



BART - robotický 25cm ďalekohľad

chádzať informácie o detekcií a polohe, ako aj informácie o pozorovaniach. V podstate je potrebné len pozorovať dané miesto na oblohe, ktoré určila jedna z družíc. Z identifikovať hviezd v poli s nejakým katalógom a ak je tam niečo čo v katalógu nie je, a nie je ani v nejakej z prehliadok napr. DSS je veľmi pravdepodobné, že sa jedná o optický náprotivok gama záblesku.

Prečo pozorovať GRB?

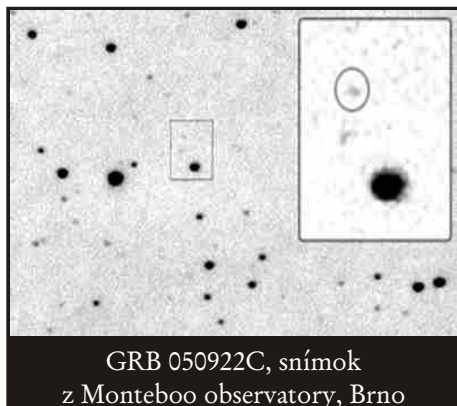
Aj keď sa sice nezdá, že je toto práve vhodný tip pozorovania pre astronómov amatérov, skôr opak môže byť pravdou. V dnešnej dobe je už dosť ľudí vybavených internetom a CCD kamerami a toto stačí. Dokonca už existujú aj amatérsky lovci GRB, ktorí podobne ako automatické robotické ďalekohľady striehnu každú noc na to, či sa „neobjaví“ gama záblesk.

Pozorovanie GRB v amatérskych podmienkach sa v budúcnosti bude určite rozvíjať, pretože práve amatérsky astronómia majú obrovskú výhodu oproti špecializovaným prístrojom, pretože ich je veľa. Hoci si amatéri zväčša nemôžu dovoliť drahé prístroje, aj napriek tomu ich technologická vyspelosť rastie z roka na rok.

Aprečo pozorovať GRB? Jedná sa o najenergetickejší fenomén vo vesmíre, ktorého výskum je ešte len v plienkach. Pre každého astronóma je veľmi lákavá predstava, že drží krok z dobou a venuje sa práve jednej z najhorúcejších tém v modernej astronómii. Práve GRB sú zdrojom veľkého množstva otázok, občas sa stane, že sa pozoruje objekt, ktorý sa nejakou charakteristikou vymyká štandardu, respektíve je úplne iný. Dobrý príklad je GRB 060218A. Toto bol veľmi záhadný GRB, pretože jeho jasnosť z časom najskôr pomaly narastala a až neskôr začala klesať. Toto chovanie nebolo u GRB pred tým nikdy pozorované.

Chcete ochutnať vzdialený vesmír?

GRB k nám prichádzajú zo vzdialeného vesmíru, aj tie najbližšie zo vzdialenosti miliónov svetelných rokov. Do ich pozorovania sa zapájajú najmodernejšie astronomické prístroje, ale možnosť majú aj menšie, dostupné amatérskym astronómom. Pozorovanie GRB je v astronómii doslova horúcou novinkou a preto sa mu určite oplatí venovať pozornosť.



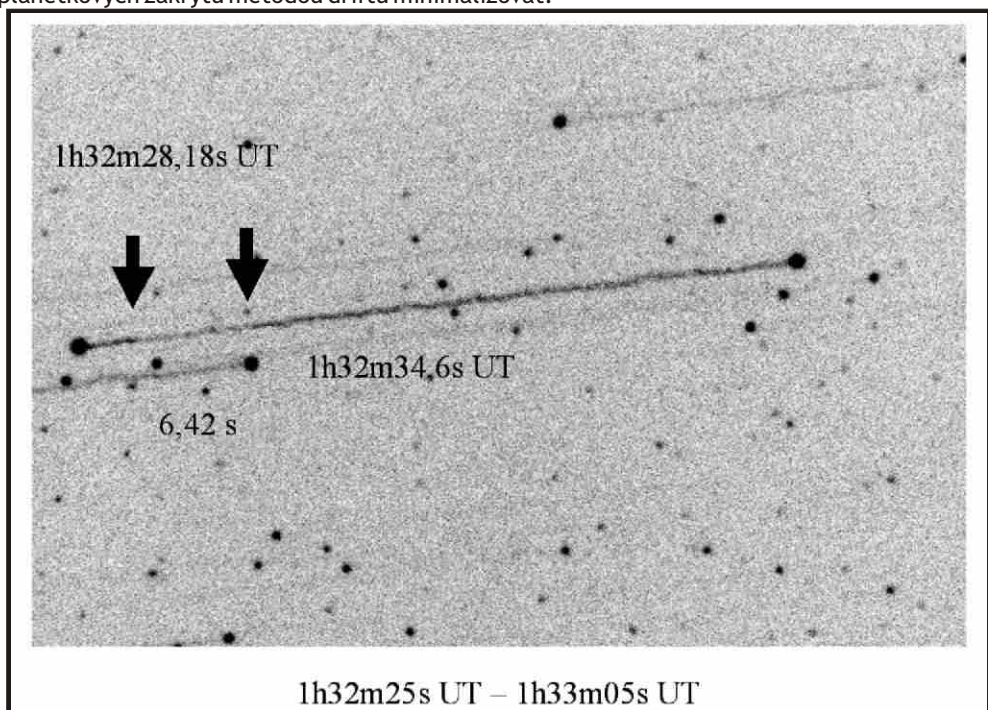
Literatura / referencie:

- [1.] Klebesadel, R. et al. (1973). "Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin". *Astrophysical Journal* 182: L85.
- [2.] <http://grad40.as.utexas.edu/> - GRBblog
- [3.] http://www.nasa.gov/mission_pages/swift/main/index.html - Misia družice SWIFT
- [4.] <http://www.esa.int/esaMI/Integral/index.html> - Misia družice INTEGRAL
- [5.] <http://www.physics.muni.cz/mb/> - Monteboo observatory, Brno
- [6.] <http://lascaux.asu.cas.cz/> - BART
- [7.] <http://gcn.gsfc.nasa.gov/invitation.html> - GCN Circulars

Matúš Kocka

Zákryt hvězdy TYC 1879-0251-1 planetkou 144 Vibilia

V noci z 18. na 19. září 2006 byl předpověděn zákryt hvězdy TYC 1879-0251-1 planetkou 144 Vibilia. Podle posledních upřesnění se mělo jednat o zákryt dvojhvězdy, tedy přes Evropu měly jít dva stíny planетки. Předpověď počasí nedávala příliš naděje na úspěšné pozorování, nicméně večer bylo možné sledovat rozpadávání oblačnosti. V průběhu noci se situace neustále měnila, ale protože planetkových zákrytů jasných hvězd není do roka příliš mnoho, rozhodl jsem se vyčkat. Kolem třetí hodiny ranní jsem zamířil dalekohled směrem k uvedené hvězdě a hned na prvním snímku se zobrazila i samotná planetka. Udělal jsem sérii snímků, ze kterých bylo patrné, jak se planetka blíží ke hvězdě. Na samotné pozorování zákrytu jsem použil metodu driftu hvězdy po čipu CCD kamery při vypnutém pohonu dalekohledu. Jak je vidět na přiloženém snímku, byl zaznamenán pokles jasnosti hvězdy o 0,8 mag na dobu 6,4 sekundy. Po tuto dobu planetka 144 Vibilia zakrývala zmiňovanou hvězdu. Největším problémem této metody je přesnost navázání pozorovaného úkazu na přesný světový čas. Tuto věc ovlivňuje především přesnost okamžiku vypnutí pohonu dalekohledu. Zde může vzniknout chyba kolem 1,5 sekundy. Určení délky trvání úkazu je už však určeno poměrně přesně (s chybou maximálně 0,1 sekundy). Následné konzultace a pokusy ukáží, jak je možné tyto nepřesnosti v pozorování planetkových zákrytů metodou driftu minimalizovat.

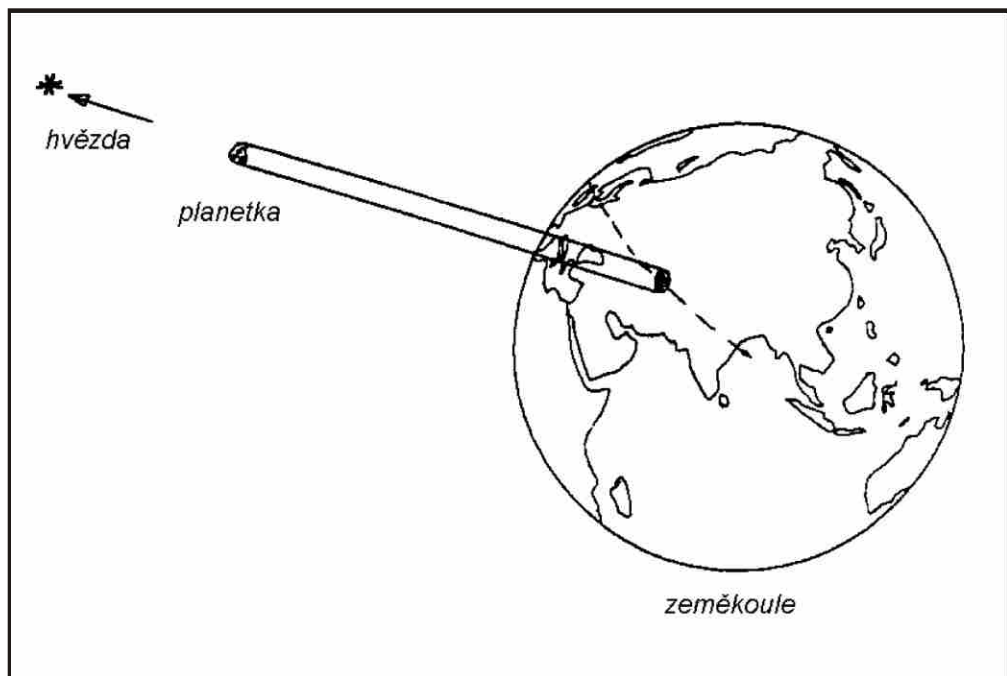


Snímek pořízený CCD kamerou ST7. Stopa hvězdy je v místě zákrytu označena šipkami. Celý úkaz trval 6,42 sekundy.

Ladislav Šmelcer, Hvězdárna Valašské Meziříčí

Zákryty hvězd planetkami (historie, předpovědi a pozorování)

Princip vzniku zákrytu hvězdy planetkou je ve své podstatě stejný, jako při zákrytu hvězdy Měsícem, pouze s tím rozdílem, že planetka je podstatně dále od pozorovatele než Měsíc. Protože jsou typické planetka také výrazně menší než Měsíc, jsou i jejich úhlové průměry menší (přibližně se dá říci že 100km planetka má úhlový průměr $0,1''$) a proto ačkoliv bylo již před 100 lety evidentní, že takové zákryty musejí nastávat, nikdo nebyl schopen takové úkazy předpovědět dráhy planetek spolu s polohami hvězd nebyly známy s dostatečnou přesností. Přínos těchto pozorování by byl jednoznačný - umožnil by při pečlivém pozorování určení rozměru a tvaru planetky, případně i určitých vlastností zakrývané hvězdy (třeba její podvojnost) - to vše pro okamžik pozorování.



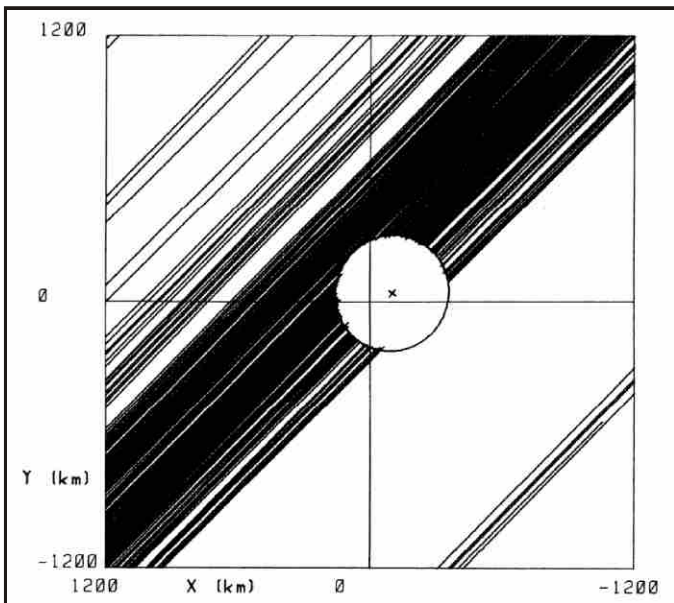
Teprve v 50. letech 20.století se situace vylepšila natolik, že se britský astronom Gordon Taylor pokusil o první předpovědi a pro rok 1953 bylo publikováno v ročence Handbook of British Astronomical Association. Ve srovnání s dneškem byla tato práce velmi náročná, přípravné práce byly prováděny tužkou, pravítkem a atlasem a podrobné výpočty s logaritmickými tabulkami. Proto i předpovězených úkazů bylo málo a týkaly se jen největších a nejlépe pozorovaných planetek. I tak ale trvalo celých 5 let, než se povedlo 19.února 1958 ve Švédsku provést vizuální pozorování 7.2 sekundy dlouhého zákrytu hvězdy SAO 112328 (8.2 mag) planetkou (3) Juno, které bylo dlouho dobu považováno za první pozorování tohoto druhu. V poslední době se ukazují určité nesrovnalosti okolo něj a proto teprve další zákryt z 2.října 1961 hvězdy SAO 146311 planetkou (2) Pallas trvající 25.53 sekund lze považovat za dostatečně průkazný,

protože byl v Indii pozorován objektivní metodou - fotoelektrickým fotometrem. Zákryt z 24. ledna 1975, kdy planetka (433) Eros přecházela před hvězdou κ Geminorum (3.7 mag) pro východní část USA je prvním úkazem, při němž docházelo k přípravným pozorováním planety i hvězdy před zákrytem tak, aby bylo možné spočítat **upřesnění** (update) původní předpovědi tak, aby byla co největší pravděpodobnost úspěchu. To se nakonec podařilo a pozorovatelé, z nich někteří přijížděli na místo jen minuty před vlastním zákrytem, slavili úspěch celkem 8 z nich se podařilo zákryt, trvající maximálně 3 sekundy skutečně vidět a jejich výsledky byly použitelné pro další zpracování. Při pozorování dalších úkazů se objevovala hlášení o podobných (sekundárních) zákrytech, které nemohly být způsobeny hlavním tělesem planety. Byla považována za chyby při pozorování, způsobené neklimatem atmosféry, ne zkušeností pozorovatelů a jinými příčinami, až se při zákrytu 7. června 1978 při zákrytu hvězdy SAO 120774 (6.2 mag) planetkou (532) Herculina kromě zákrytu hlavním tělesem povedlo (opět fotoelektricky) zaznamenat takovýto sekundární úkaz. Jediné vysvětlení, které ale bylo přesto dlouho zpochybňováno, bylo že planetka má svůj satelit.

Přelom v pozorování zákrytů hvězd planetkami nastává počátkem 80. let 20. století, kdy se této oblasti začíná s plným nasazením věnovat americký astronom David W. Dunham.

Když má nastat 29. května 1983 zákryt hvězdy 1 Vulpeculae (4.8 mag) planetkou (2) Pallas procházející podle nominální předpovědi napříč celými USA, povede se mu s pomocí série článku v časopise *Sky & Telescope* vyburcovat velké množství amatérských astronomů a získat podporu amerických hvězdáren tak, aby prováděli pozorování nutná pro upřesnění úkazu, takže vlastní úkaz úspěšně odpozoruje celkem 141 lidí a řada dalších svými negativními pomůžou vyloučit satelit ve velké oblasti kolem planety. Povedlo se určit profil planety jako elipsu s rozměry 529.6x511.2 km s chybou pouhých 1.2 km a dále upřesnit, že zakrytá hvězda je vlastně dvojhvězda a z fotoelektrických pozorování určit jasnosti a vzájemnou vzdálenost a polohu složek. Co se týká počtu úspěšných pozorovatelů, je to do dnešní doby stále nejlépe pozorovaný planetkový zákryt. Pokud se podíváme do statistik, zjistíme, že na dalších místech jsou evropští pozorovatelé. Celkově 2. místo si drží zákryt hvězdy SAO 144929 (8.7 mag) planetkou (420) Bertholda ze dne 26. srpna 2003 se 79 pozitivními zprávami ze všech 136 zpráv (uprostřed šíleni okolo velmi příznivé opozice Marsu nastávající ten den), kdy stín procházel Polskem, Českem, Německem, Švýcarskem, Francií a Portugalskem. A 3. příčku drží opět evropský zákryt pozorovaný o rok dříve 17. září 2002, kdy hvězdu 43 Tauri (5.5 mag) zakrývala planetka (345) Tercidina. Tehdy se sešlo 64 pozitivních hlášení z Francie, Německa, Slovenska a Maďarska.

Předpovědi v dnešní době již není tak obtížné získat či spočítat. Takovým standardem kvalitních předpovědí, dostupných s několikaměsíčním předstihem jsou předpovědi Edwina Goffina, které zpracovává od začátku 90. let 20. století. V současné době jsou dostupné typicky kolem



května pro následující rok a jsou primárně publikovány v elektronické podobě na adrese <ftp://ster.kuleuven.ac.be/dist/vvs/asteroids>. Zde najdeme předpovědi nejen pro Evropu, ale pro celý svět. Není to však seznam plný, všech zákrytů, pouze těch nadějných či nadějnějších. Před výpočtem je prováděna filtrace (výběr) objektů, pro které se budou zákryty vyhledávat podle několika kritérií (velikost, kvalita dráha planety, zajímavost objektu) a vlastní výstup předpovědi je dále kontrolován jsou vyřazovány úkazy, kdy dochází pouze k malému poklesu jasnosti, zákryty jsou krátké a podobně.

144 Vibia – TYC 1888–00747–1

2007 jan 4 21^h 6.5^m U.T.

Planet :

V. mag. = 11.11

Diam. = 178.0 km = 0.16"

μ = 36.81"/h

π = 5.72"

Ref. = EG2004

Δm = 1.8

Max. dur. = 15.6s

Star :

α = 6^h39^m57.296^s

V. mag. = 9.60

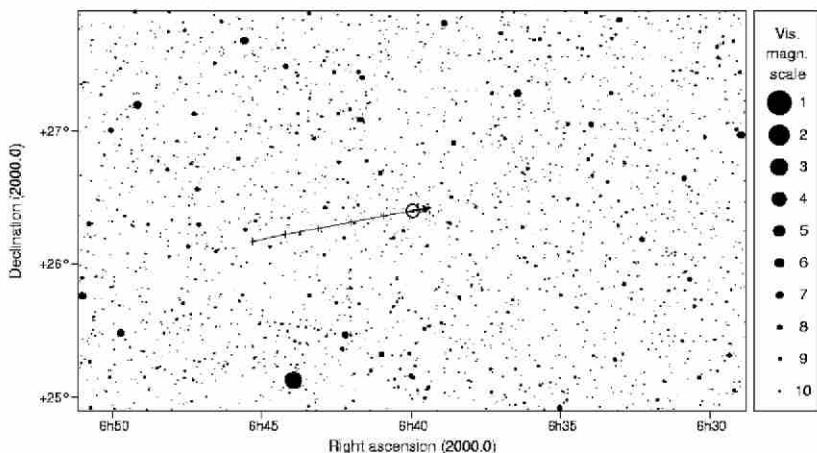
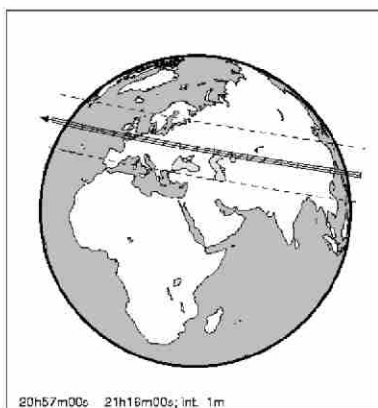
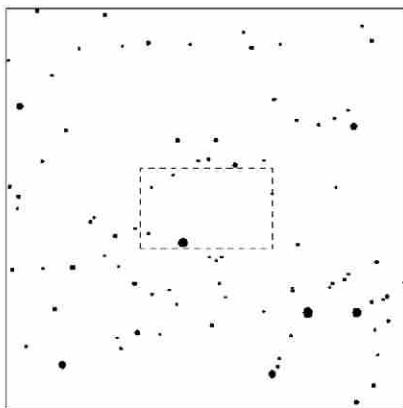
Sun : 173°

Source cat. TYC2

δ = +26°23'48.21"

Ph. mag. = 9.80

Moon : 21°, 98%



A07_01047 ps - 2006-05-19 21:23:15

817

Edwin Goffin, Hoboken, Belgium

Jak vypadá taková předpověď v grafické podobě se můžeme podívat na připojeném obrázku. V záhlaví jsou uvedeny všechny podstatné numerické údaje, charakterizující daný zákryt. Tučně v titulku je to planeta a zakrývaná hvězda, 2. řádek uvádí největší geocentrické úhlové přiblížení. V bloku „Planet“ nalevo je jasnost planety a její lineární a úhlové rozměry, rychlost pohybu, paralaxa a zdroj elementů. Pod tím pokles jasnosti v magnitudách a předpokládané trvání zákrytu. Vpravo v bloku „Star“ jsou nejdůležitější údaje o zakrývané hvězdě a pod tím úhlová vzdálenost Slunce a Měsíce (spolu s jeho fází) od hvězdy. Čtverec se zeměkoulí má vyznačenou kalibrovanou dráhu stínu, takže je možno odečíst kdy úkaz nastane pro to které místo. Vlevo je pak širší vyhledávací mapka a úplně dole podrobná mapka se zakroužkovanou cílovou hvězdou. Detailní mapka na předchozí stránce je vpravo doplněna ještě škálou magnitud.

Kromě toho už jsou dnes k dispozici pro velkou část těchto nominálních předpovědí i kvalitní upřesnění. Způsob výpočtu těchto upřesnění s průběhem doby měnil. Zpočátku, kdy bylo měření doplňujících poloh na fotografických deskách prováděno ručně a bylo potřeba řada hodin jen pro samotné proměření snímku, se říkalo takovému upřesnění „last-minute“ protože výsledky podle kterých se pozorovatel řídil, přicházely v poslední minutě (viz případ s Erosem v roce 1975). Později, když nastoupila CCD technika, se pozorování prováděla tak, že pro dosažení potřebné přesnosti bylo ideální, aby hvězda i planeta byly na stejném snímku, což při velikosti CCD čipů znamenalo, že se pozorovalo jen několik hodin před úkazem a výsledky přicházely opravdu těsně před ním říkalo se proto tomuto způsobu „last-second update“. V takovýchto případech však, až na řídké výjimky, bylo obtížné v případě potřeby přesunout pozorovatele na správné místo, pokud došlo k nějakému posunu oproti nominální předpovědi. Zcela nové možnosti pak přinesly nové hvězdné katalogy (Hipparcos, Tycho2 a zejména UCAC) a ve spojení prací automatického astrometrického dalekohledu FASTT v Arizone, USA (Flagstaff ASTrometric Transit Telescope), který pod vedením Rona Stona začal od konce roku 1997 produkovat vysoce přesnou astrometrii planetek. To umožnilo nový přístup počítat upřesnění na základě zcela nových drah planetek, beroucí v úvahu (pouze nebo se zvýšenou vahou) tato pozorování. Výsledky jsou velmi slibné, protože typicky umožňují určit dráhu stínu po zeměkouli s přesností kolem 50 km a chybou v čase jen několik sekund. Výpočty takovýchto upřesnění se zabývá Steve Preston (USA) <http://www.astroidoccultations.com> a Jan Mánek (ČR) <http://mpocc.astro.cz>. Souhrny v češtině najdete <http://www.teplce-city.cz/hap/Pozadaci/Pozadaktual.htm>.

Jak a čím pozorovat? Tím co máte k dispozici. Pro vizuální pozorování stačí vhodný dalekohled a stopky (nebo chronograf), které je možno navázat na přesný časový signál. A samozřejmě zkušenosti. Pokud má někdo komerční CCD kameru, je možno ji využít také (ale ne tak, že bude dělat snímky rychle po sobě, to nestačí), ale že vypne hodinový stroj a nechá hvězdu běžet po čipu otáčením oblohy. Tento způsob umožňuje s dostatečnou přesností určit délku zákrytu, horší už je to s absolutními časy. Nejlepší způsob je pozorování videokamerou (opět samozřejmě s navázáním záznamu na časový signál), kdy je možno objektivně dosáhnout maximální přesnosti jak pro určení délky zákrytu, tak pro absolutní časy, nutné pro spojení s pozorování ostatních.

Co pozorovat? Nejlépe to, co vám umožňuje vaše přístrojové a materiální vybavení. Vybrat z předpovědí hvězdy, které jsou dostupné v dalekohledu, úkazy, které mají dostatečný pokles jasnosti a dostatečně dlouhé trvání a stín jde rozumně daleko (či blízko) kolem Vás.

Kam s pozorováním? Můžete začít s hlášením místním spolkům, ale aby mělo pozorování cenu, je ho třeba hlásit i dál. Je-li přístup na Internet, lze využít formulář na <http://mpocc.astro.cz/results/report.html> a tím se pak hlášení dostane i dále do světa. Pokud vládnete angličtinou, je možné se přihlásit i do konference PLANOCULT, kde se diskutují a zveřejňují výsledky evropských pozorování stačí poslat žádost na jeden z e-mailů jan@vangestel.be nebo Pierre.Vingerhoets@telenet.be.

Jan Mánek (ZS ČAS, IOTA/ES)

Výskum malých telies Slnecnej sústavy

Úvod

Výskum malých telies Slnecnej sústavy je zaujímavý a dôležitý minimálne z dvoch dôvodov; poskytuje nám cenné informácie o pôvode a stave Slnecnej sústavy v počiatočných štádiách vývoja, kde sa prvotné podmienky „uchovali“ v malých telesách, ktoré neprešli takou veľkou zmenou ako napríklad planéty a druhý dôvod výskumu spočíva v potenciálnom ohrození biosféry na Zemi. Tu len krátko načrtneme ako naše pracovisko v Modre prispieva svojou trochou k tomuto poznaniu.

Astronomické pozorovania prezentované na tomto mieste boli vykonané na Astronomicko-geofyzikálnom observatóriu FMFI UK v Modre (obrázek 1). Observatórium je univerzitné pracovisko zamerané na vedecký výskum a výchovu mladých astronómov. Oficiálne bolo observatórium uvedené do prevádzky v roku 1992. Ale náš hlavný prístroj - 60 cm reflektor bol vyrobený v rokoch 1924-26 firmou Carl Zeiss Jena pre Štátne observatórium v Starej Ďale, dnešné Hurbanovo.

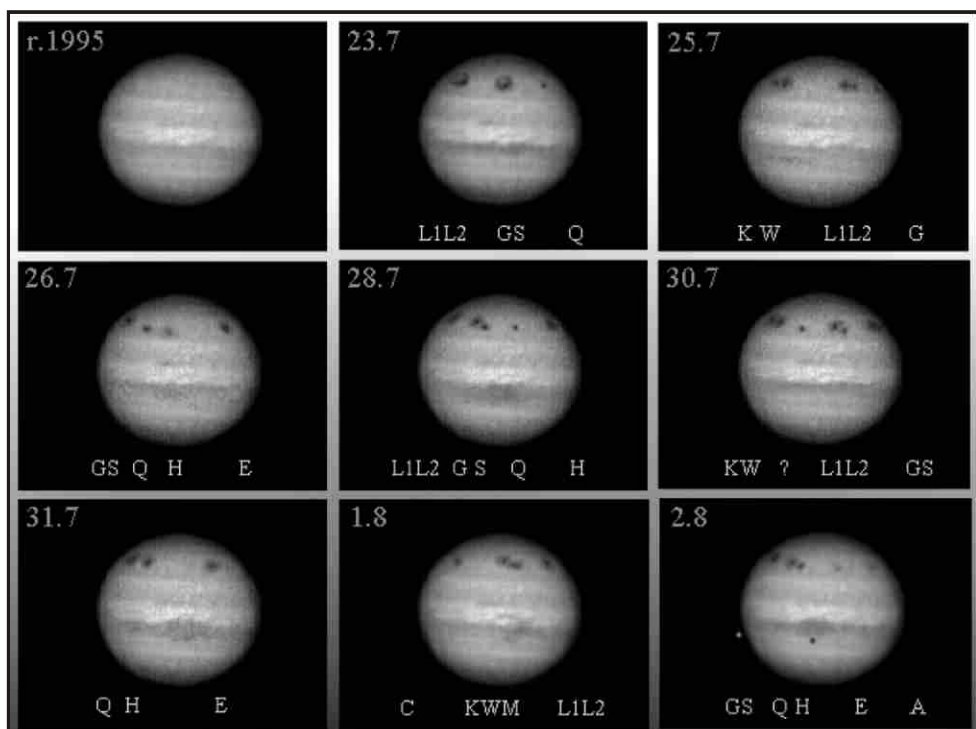


Obrázok 1: Hlavná budova AGO FMFI UK v Modre s 8m kupolou pre 60cm reflektor.

Pred 2. svetovou vojnou bol d'alekohľad prevezený do Prešova a následne umiestnený na novom observatóriu na Skalnatom Plese, kde sa využíval hlavne na stelárnu fotometriu hviezd a pracoval tam až do konca 70. rokov 20. storočia. Pre mechanické problémy a opotrebovanosť bol vyradený z prevádzky a neskôr prevedený do majetku Univerzity Komenského, Fakulty matematiky a fyziky v Bratislave. Nasledovala rekonštrukcia celého prístroja od roku 1982 do 1987. V roku 1984 sa začalo z výstavbou observatória v Modre, kde mal byť d'alekohľad umiestnený (obrázok 2). Prvé testy a pozorovanie sa uskutočnili v rokoch 1993 a 1994. Do tohto obdobia spadá i pozorovanie dopadov fragmentov kométy D/Shoemaker-Levy 9 v atmosfére Jupitera (obrázok 3).



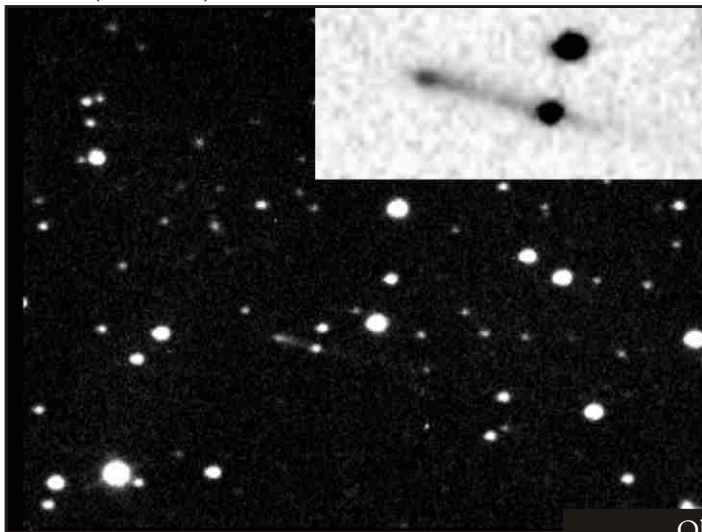
Obrázok 2: hlavný d'alekohľ'a 60cm reflektor Carl Zeiss Jena



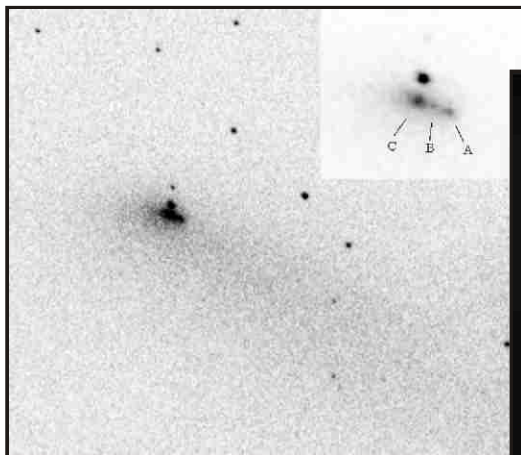
Obrázok 3: Post impakty fragmentov kométy D/Shoemaker-Levy 9 60cm reflektorom v Modre 1994 (spracovanie A. Pravda)

Astrometria

Krátko potom bola zakúpená CCD kamera ST6 a inštalovaná do primárneho ohniska 329cm. Z Centra malých planét (MPC) IAU observatórium obdržalo kód 118, pod ktorým odosiela presné astrometrické pozície. Zameranie pozorovaní sa sústredilo na potvrdzovanie a spresňovanie dráh NEO - blízkozemských objektov (asteroidov a komét), prípadne telies na nezvyčajných dráhach, či zvláštnej aktivity. Príkladom môže byť pozorovanie asteroidálneho objektu 7968 Elst-Pizaro = 133P/Elst-Pizaro, ktorý zároveň vykazoval kometárnu aktivitu (obrázek 4). Iným príkladom pozorovaní z Modry môže byť rozpad kométy 73P/Schwassmann-Wachmann 3 z roku 1995 (obrázek 5), ktorá je dobre známa z prechodu perihéliom a ďalšími rozpadmi aj v roku 2006 (obrázek 6).

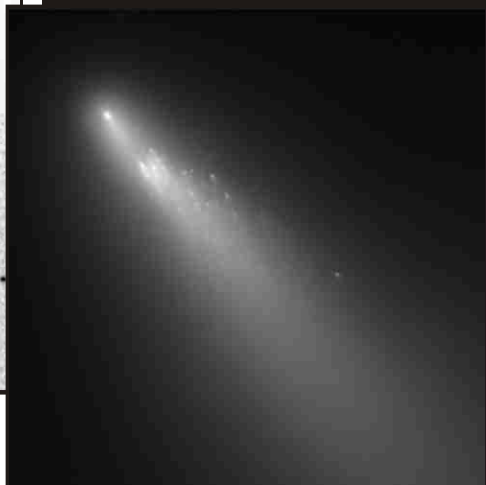


Obrázok 4: Objekt klasifikovaný ako asteroid s kometárnou aktivitou.
7968 Elst-Pizaro =

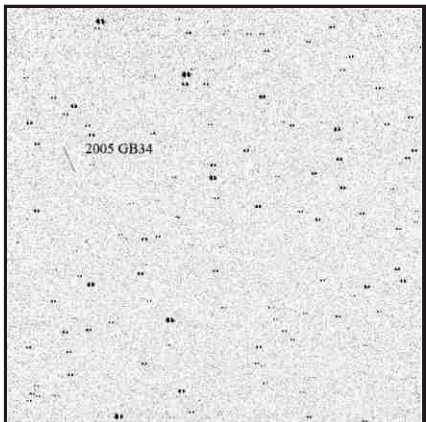


Obrázok 5: Kométa 73P/Schwassmann-Wachmann 3

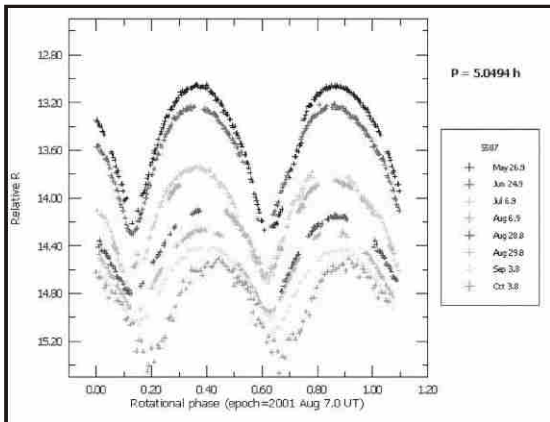
Obrázok 6: Kométa 73P/Schwassmann-Wachmann pri



Popri astrometrických pozorovaniach sa podarilo objaviť približne 140 asteroidov z hlavného pásu, ktoré sú priradené nášmu pracovisku. Viaceré z nich boli už pomenované. Ako výnimočný objav treba spomenúť prvý NEO s predbežným označením 2005 GB34 (obrázek 7) objavený zo Slovenska (Modra) 6. apríla 2005 A. Galádom (2005).



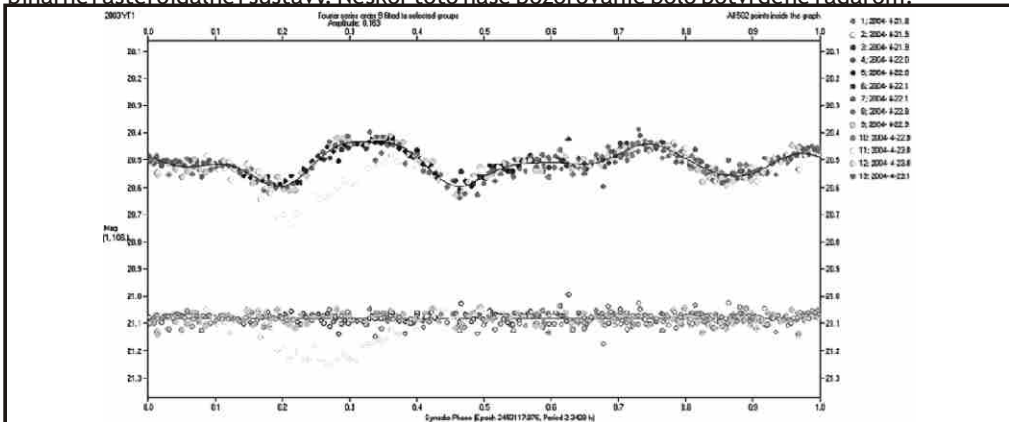
Obrázok 7: Prvý NEO objavený zo Slovenska, Modra A. Galádom v roku 2005.



Obrázok 8: Fotometrická svetelná krivka asteroidu 5587 v rôznych fázach,

Fotometria

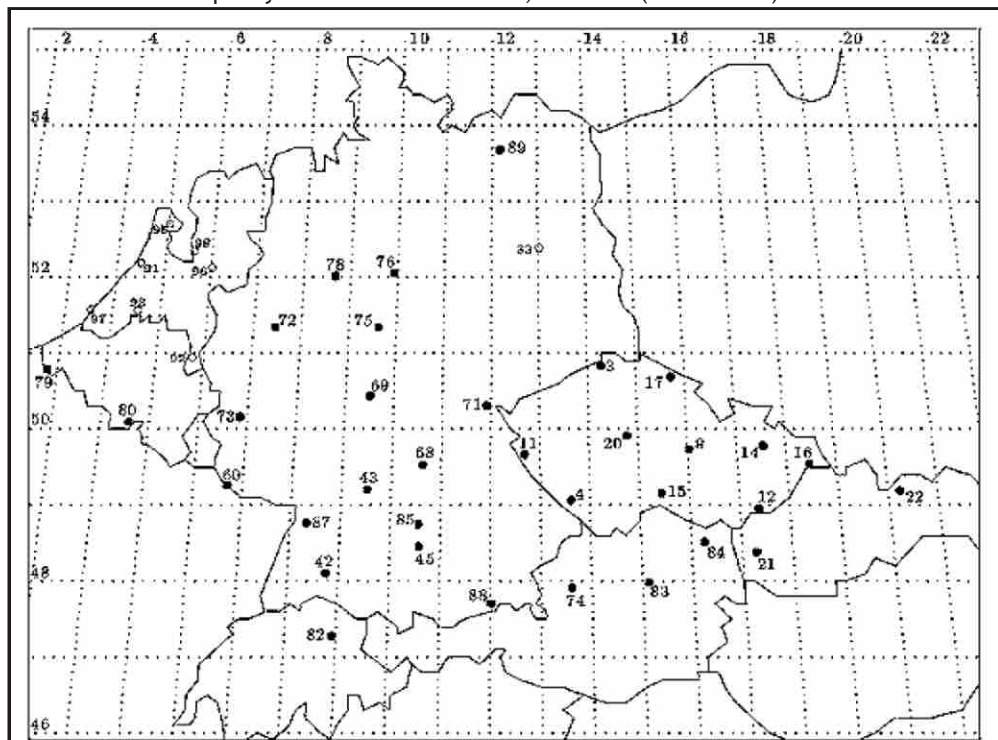
V posledných rokoch sa náš pozorovateľský program zameriaval na CCD fotometriu blízkozemských asteroidov ako napríklad 5587 (obrázek 8), ktorého rotačná perióda bola určená na 5,0494 hod. (Galád a kol., 2004b). Iným zaujímavým príkladom je pozorovanie podvojného asteroidu 2003 YT1 (obrázek 9) s poklesom jasnosti oproti jeho štandardnej svetelnej krivke (Galád a kol., 2004a), čo naznačovalo vzájomný zákryt, respektíve zatmenie binárnej asteroidálnej sústavy. Neskôr toto naše pozorovanie bolo potvrdené radarom.



Obrázok 9: Fotometrická svetelná krivka asteroidu 2003 YT1 s poklesom jasnosti (biele

Celooblohové fotografické pozorovanie meteorov

Súčasťou výskumu medziplanetárnej hmoty na AGO v Modre je aj pozorovanie naozaj malých telies Slnecnej sústavy pri ich strete zo zemskou atmosférou. Systematicky sa pozoruje celooblohovými fotografickými komorami v rámci Európskej bolidnej siete (obrázek 10) v koordinácii AÚ AVČR v Ondřeji (P. Spurný) a rádiovým systémom „forward scatter“ v spolupráci s AÚ SAV a inštitútom pre vysokú atmosféru v Boloni, Taliansko (V. Porubčan).



Obrázok 10: Mapa Európskej bolidnej siete, Modra má označenie 21.

V súčasnosti prebiehajú prípravy na systematické pozorovanie ja TV technikou, ktorou sa podarilo pozorovať v minulosti iba kampaňovito, napríklad Perzeidy 2006 (obrázek 11). Asi najznámejšou fotografickou snímku z celooblohových kamier je 4 hodinová expozícia (Obrázek 12) z obdobia bolidnej aktivity Leoníd v roku 1998 (Tóth a kol., 2000). Zaznamenaných bolo na nej 156 Leoníd.

Ešte by sa patrilo spomenúť pozorovanie jasného bolidu Turji-Remety z 17.11.2001, kde vypočítaná meteorická hmota prevyšovala 400 kg, žiaľ nepodarilo sa nájsť ani časť z nej.

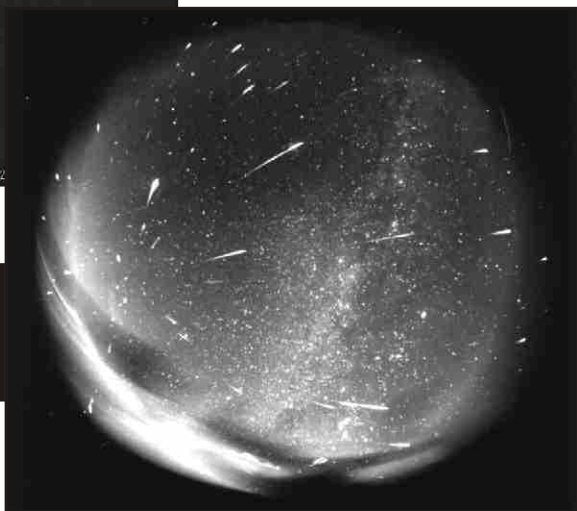
Čo ďalej

Medzi systematickými a podstatnými pozorovacími programami spomenutými vyššie, plánujú autori tohto príspevku detekovať malé blízkozemské objekty pri ich tesných priblíženiach k Zemi. Simulácie ukazujú (Vereš a kol., 2006), že relatívne malých a nenáročným

optickým systémom by sa podarilo objaviť niekoľko takýchto telies ročne v našich podmienkach. Ak by sa to podarilo aj uskutočniť, vyplňala by sa medzera v poznaní populácie objektov s rozmermi okolo 10m, čo je hranica medzi asteroidmi, fragmentami komét a meteoroidmi.



Obrázok 11: TV pozorovanie kame-rou Watec 120N, objektívom Meo-pta 1,4/16mm Perzeidy z 9. augusta 2006. Zorné pole 20° oriento-



Obrázok 12: Celooblohovú pointovanú snímku Leoníd z 16./17. novembra 1998 v čase od

Literatúra:

- [1] Gajdoš, S.; Galád, A.; Klačka, J.; Pittich, E. M., 1999, Orbital evolution of comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3 and its meteor streams, Evolution and source regions of asteroids and comets : proceedings of the 173rd colloquium IAU, p.103
- Galád, A.: 2005, MPEC 2005-G49
- [2] Galád, A., Š. Gajdoš, L. Kornoš and J. Világi and P. Pravec, 2004a, IAUC 8336, MPC Cambridge, USA
- [3] Galád, A.; Kornoš, L.; Gajdoš, Š.; Világi, J.; Tóth, J.: 2004b, Relative photometry of numbered asteroids (3712), (4197), (5587), (28753) and (66063), Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, vol. 34, no. 3, p. 157-166.
- [4] Tóth, J., Kornoš, L. Porubčan, V.: 2000, Photographic Leonids 1998 observed at Modra Observatory, Earth, Moon and Planets, 82-83, 285-294.
- [5] Vereš, P., Kornoš, L., Tóth, J.: 2006, Search for very close approaching NEAs, CAOSP, 36, 171-180.

*Juraj Tóth a Peter Vereš
Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie*

CCD fotometrie komet – program pro astronomy amatéry

Komety – kosmická tělesa

Kometární jádra jsou malými tělesy sluneční soustavy, která řadíme společně s planetkami k meziplanetární hmotě. Jedná se o objekty nepravidelných tvarů s rozměry v řádu 10 m až 10 km. Jsou složena ze směsi vody a organických sloučenin (na bázi C, H, O, S, ...) v pevném skupenství, které na sebe vážou silikátová prachová zrnka a drží je pohromadě. Jádro je porézní a křehké, jeho hustota se pohybuje kolem 0,5 g/m³. Svými vlastnostmi je náchylné k fragmentaci v důsledku procesů doprovázejících kometární aktivitu. Komety vznikaly v oblastech proto-planetárního disku, které byly dostatečně vzdáleny od Slunce (materiál kometárních jader je jen minimálně přeformován v důsledku ohřevu). Z vnějších oblastí je postupně doplňována populace krátkoperiodických komet v centrální sluneční soustavě, které pozorovatelně zanikají - postupným rozpadem, či srážkami s planetami.

Kometární aktivita:

Kometární aktivitou rozumíme uvolňování materiálu z povrchu jádra během přibližování ke Slunci. Jakmile se kometa přiblíží k naší hvězdě, zamrzlé látky začnou sublimovat a uvolňovat prachová zrnka, vytváří se hlava komety - koma. Každá sloučenina vázaná v jádře sublimuje za jiné teploty a tedy v jiné vzdálenosti od Slunce, což vede k postupným změnám vnějších charakteristik komy během průletu sluneční soustavou. Aktivace vody, která je stěžejní sloučeninou určující průběh aktivity komety, probíhá ve vzdálenosti srovnatelné s oběžnou dráhou Jupiteru - tedy 5 AU od Slunce. Vývoj jasnosti a velikosti komy závisí na „stáří“ komety - počtu návštěv v centrální části sluneční soustavy. Zatímco nové komety přicházející z Oortova oblaku se aktivují již daleko za drahou Jupiteru v důsledku uvolňování těkavých látek přímo z povrchové vrstvy, staré komety, které již o část dobře dostupných sloučenin přišly při minulých návratech, začínají svítit teprve po dostatečném prohřátí mnohem blíže Slunci (až kolem 1 AU i blíže). S různým stářím povrchových vrstev jádra souvisí také tvar světelné křivky komety při průletu sluneční soustavou. Zatímco nové komety bývají neaktivnější a nejjasnější před průchodem přísluním, u starého jádra to bývá naopak. Z kometární aktivitou a jejím postupným vyhasínáním souvisí také neostrá hranice mezi některými typy planetek a starými vyhasílými krátkoperiodickými kometami.

Dráhy komet

Různorodost kometárních drah souvisí s původem jader v „rozptýleném disku“ za drahou Neptunu či v teoreticky předpovězeném sférickém Oortově oblaku až ve vzdálenosti 1 světelného roku od Slunce. Většina komet obíhá kolem Slunce po eliptických drahách.

Rozlišujeme dva typy periodických komet - krátkoperiodické, s oběžnou dobou do 200 let a dlouhoperiodické, s periodami v řádu 1000 let a vyšším. Toto dělení je pouze formální. Zvláštním případem jsou tělesa, která přilétají do sluneční soustavy, či ji opouštějí po drahách hyperbolických. Kometární dráhy podléhají celé řadě poruch - jednak gravitačních (působením velkých planet) a za druhé negravitačních (daných vlastním reaktivním urychlováním či brzděním v důsledku zákona zachování hybnosti při uvolňování materiálu z aktivních oblastí na

Průměr komy může dosáhnout velikosti v řádu 10 - 100 tisíc km. Celá kometa je navíc ponořena v útvaru zvaném vodíkové halo tvořeném ionty H^+ , které vznikají spolu s OH^- při disociaci vody ultrafialovým zářením ze Slunce. Halo není vizuálně pozorovatelné (vyzařuje v ultrafialové oblasti), ale může dosáhnout rozměrů srovnatelných se Sluncem i větších.

Materiál uvolněný z jádra je blíže u Slunce (1,5 - 2 AU) strháván slunečním větrem a dochází tak k tvorbě ohonů o délkách až 108 km. Nejčastěji pozorujeme dva typy: **1. prachový ohon** tvořený pevnými částicemi (odchyluje se od směru toku slunečního větru, částice zůstávají přibližně v dráze komety); **2. plazmatický ohon** tvořený ionizovanými molekulami (sleduje tok slunečního větru a poruchy meziplanetárního magnetického pole). Vlivem geometrie lze pozorovat také protichvost - anomální ohon. Je tvořen proudem větších částic, které na rozdíl od malých zrněk strháváných slunečním větrem setrvávají na oběžné dráze definované gravitací Slunce. Je pozorovatelný pouze krátce v době, kdy kometa prochází rovinou oběžné dráhy Země.

Vizuální pozorování komet:

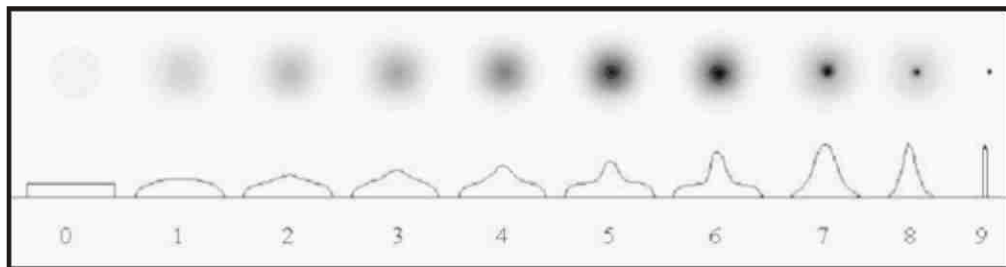
Současnosti nejrozšířenější metodou sledování aktivity jasných komet je vizuální fotometrie, což je odhad jasnosti na základě vizuálního pozorování, ke kterému je potřeba pouze dalekohled a dobrý katalog hvězd. Vizuální pozorování má dodnes specifické postavení. Je pojítkem mezi historickými záznamy o kometách a současností, protože lidské oko má zatím nenapodobitelné vlastnosti (především schopnost interpretovat nízký jas objektu svítícího na vlnových délkách blízkých zelené barvě), které pozorovateli umožňují dobře vnímat objekt, jakým je kometární koma. Při odhadu jasnosti komet se využívá postupů známých u proměnných hvězd - nejčastěji metody Argelanderových stupňů [viz 1]. Metodu je však třeba rozšířit o postupy, které umožní srovnat jas plošného nerovnoměrně zářícího objektu s bodovou hvězdou. Provádí se odhad celkové jasnosti komy, pozorovatel srovnává její "průměrný" povrchový jas s "průměrným" povrchovým jasnem mimoohnskového obrazu hvězd s předem známou jasností. Nejčastěji používanými metodami jsou tyto: **Bobrovnikovova** - kdy je okulár vysunut z ohniska natolik, aby kometa a srovnávací hvězdy měly podobnou velikost; **Sidgwickova** - zapamatovaný, zaostřený obraz komety srovnáváme s obrazy hvězd rozostřenými natolik, aby měly stejnou velikost, jako zaostřený obraz komety a **Morissova** - při odhadu je kometa rozostřena natolik, aby měla dostatečně rovnoměrný plošný jas, který srovnáváme s hvězdami rozostřenými na stejnou velikost, jakou měla rozostřená kometa). Každá z uvedených metod má přednosti i nevýhody a je použitelná jen za určitých podmínek plynoucích ze vzhledu a velikosti komy [viz 1 a 2].

Vizuální pozorování je třeba provádět za dobrých atmosférických podmínek, čím jasnější je pozadí (vlivem oparu, cirrů, světelného znečištění), tím větší část komy zaniká, dojde k podhodnocení její velikosti a následně k odhadu nízké jasnosti. Velmi výrazné jsou přístrojové efekty. Platí pravidlo, že čím menší přístroj použijete, tím lépe, doporučovány jsou binary s širokým zorným polem či triedry.

Podstatný je pro výsledek pozorování je výběr vhodných srovnávacích hvězd v těsném okolí komety - neměly by být „červené“ (jiné spektrální typy než G, K, M). Doporučené zdroje jasnosti a naopak katalogy jímž je lépe se vyhnout naleznete v [4]. Kromě samotné jasnosti se odhadují další vlastnosti pozorovaného objektu - průměr komy, stupeň kondenzace (na stupnici od 0 do 9, kde DC=0 značí rovnoměrně svítící disk a DC=9 je kometa stelárního vzhledu), délku a poziční úhel ohonů.

Pozorování je třeba publikovat nejlépe v ICQ (International Comet Quarterly) [viz 3], která pro zasílaná pozorování používá speciální formát mající 80 sloupců, jehož kódování je třeba dodržet. Na základě vizuálních pozorování z celého světa jsou sestavovány světelné křivky komet, které zachycují vývoj jasnosti a případně také velikosti komy při průletu tělesa sluneční

soustavou. Ve spojení s historickými výsledky je pak možné sledovat vývoj jasnosti komety v průběhu desetiletí a po dobu několika oběhů kolem Slunce.



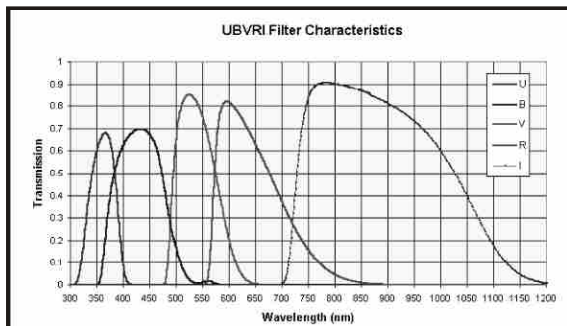
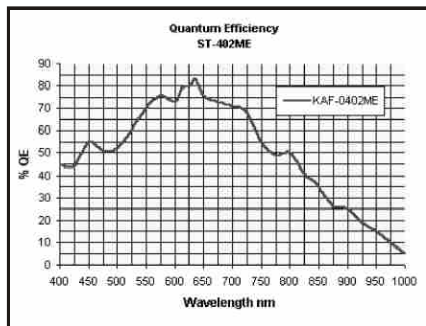
Obrázek 5: Různé stupně kondenzace kometární komy.

CCD fotometrie komet

Rychle se rozvíjejícím oborem amatérské astronomie je CCD fotometrie. Se zvyšující se dostupností CCD kamer roste i počet pozorovatelů, kteří se věnují fotometrii komet. Jedná se o odvětví, které je na počátku vývoje a je třeba si uvědomit, že se nachází ve fázi hledání nejvhodnějších postupů, které by mohly být uvedeny do amatérské praxe, tak aby dosažené výsledky měly odbornou hodnotu. Proto každé nové pozorování má určitý přínos, i kdyby mělo přispět pouze k ověření již používaných či vyzkoušení nových postupů. Pečlivě získané výsledky představují i poměrně hodnotná data o aktivitě komet. Komety nepatří mezi profesionály k nejsledovanějším objektům, jedná se tedy o pole, kde by bez přispění široké základny pozorovatelů mohla bez povšimnutí nastat celá řada zajímavých jevů nebo by byly zaznamenány pozdě. Navíc zde existuje jakási mezera mezi objekty hojně sledovanými vizuálně (komety jasnější 12 mag) a objekty v dosahu profesionálních přístrojů (< 18 mag), která je pokrývána právě amatérskými pozorovateli. Pokud jsou totiž tato tělesa sledována profesionálními observatořemi, pak především kvůli astrometrii, kde na krátkých expozicích zdaleka nelze očekávat dostatečné naexponování vnějších oblastí komy. Fotometrická měření z takových snímků reprezentují více méně jasnost centrální kondenzace objektu, zdaleka tak nelze mluvit o celkové jasnosti ve smyslu [m1], která by byla srovnatelná s vizuálním pozorováním. Fotometrie objektů - tedy i komet - pomocí CCD kamer je principiálně přesnější. Zatímco přesnost vizuálních odhadů jasnosti komet se u zkušených pozorovatelů pohybuje kolem 0.3 mag, fotometricky lze jasnost komety měřit s přesností kolem 0.05 mag, což ovšem platí pro centrální část komety. Obecně lze říci, že čím je větší koma, tím větší je chyba měření, a v okamžiku, kdy koma zabírá polovinu zorného pole, může se přesnost CCD měření velkými fotometrickými clonami blížit vizuálnímu pozorování. U komet s jasností kolem 16 mag je vzhledem k nedostatku pozorování i tato přesnost dostačující. Použití CCD kamer umožňuje výrazné rozšíření pozorovacích programů, existuje řada možností, jak systém fotometrie modifikovat za účelem zjištění konkrétních vlastností komy. Členění lze provést podle oboru spektra, který je při měření používán. Použitím několika filtrů je možné získat fyzikálně přesnější představu o povaze procesů probíhajících v komě. Požadavek přesněji definovaného spektrálního oboru je dán technickými omezeními. CCD kamery se liší čip od čipu v citlivosti na jednotlivé vlnové délky. Starší typy, jako SBIG ST-7, jsou v oboru R citlivější než v oborech B i V. Proto je u nich příspěvek zeleně svítící molekulární složky komy k celkové jasnosti poměrně nízký.

Lze tedy předpokládat, že (u tohoto typu kamery) i nefiltrovaný snímek v podstatě odpovídá oboru R, ale tento předpoklad samozřejmě vnáší do měření chyby. Zařazením filtru „srovnáme“ jednotlivé typy kamer a získáme přesnější výsledky. Zatímco obor R reprezentuje především

srovnatelnou s lidským zrakem atd. Naopak se nedoporučuje používání RGB filtrů ve standardní výbavě kamer. Filtry jsou uzpůsobeny ke snímání barevného obrazu a kalibrace takových snímků je velice obtížná. Máte-li k dispozici pouze RGB filtry, fotografujete raději bez nich. Řadu modifikací lze nalézt ve způsobu kalibrace snímků. Především obor R je v tomto ohledu specifický. Zatímco v pásmech V [V(t)] je dostupná řada katalogů i pro slabé hvězdy, a lze použít postupy obvyklé u fotometrie hvězd (srovnávání s hvězdami přímo v poli). Obor R trpí nedostatkem přesně změřených jasností hvězd v dostupných katalozích. Proto je potřeba si pomoci jinak - v našem případě srovnáním s hvězdami mimo zorné pole a korekcí naměřených výsledků na místní hodnotu extinkce.



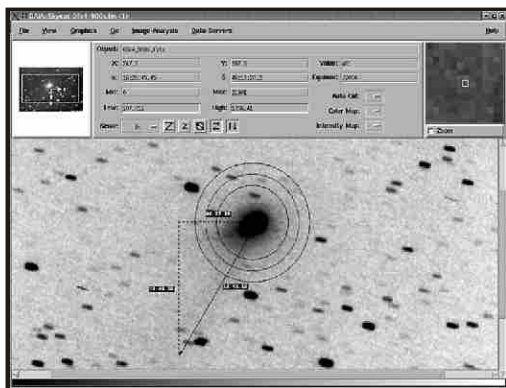
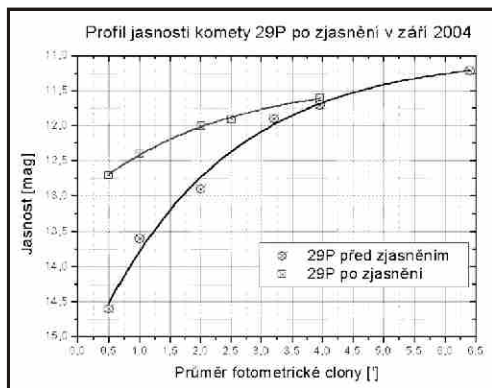
Obrázek 6 a 7:

Vlevo – spektrální křivka citlivosti čipu KAF-0402ME.

Vpravo – spektrální rozsahy oborů UBVRi.

Oproti fotometrii hvězdných objektů má fotometrie komet další specifika plynoucí z faktu, že kometa je většinou plošným objektem. Především jde o měření jasnosti v různých průměrech fotometrických clon. Výsledkem vašeho pozorování není jeden údaj o jasnosti, ale sada měření, která udávají jasnost pozorované komety v několika clonách, přičemž se jasnost komety zvyšuje s velikostí clony. Velikost clon lze volit dvěma způsoby. Jako číselnou řadu udávající průměr clony (0.2', 0.4', 0.8', 1.6', ...) nebo přepočtem na km, kde při známé vzdálenosti komety odpovídá úhlová velikost zvolené clonky komě o průměru (50 tisíc km, 100 tisíc km, ...). Je vhodné, aby alespoň jedna z vybraných clon svou velikostí převyšovala naměřenou velikost komy, okem nevidíte vše, co kamera zaznamená. Důvodů pro popsání postup je několik. Jednak CCD fotometrie nezná termín „stupeň kondenzace“, který je sice subjektivním odhadem vizuálního pozorovatele, ale zároveň důležitou veličinou vypovídající o aktuálním vzhledu komy. Tato veličina je nahrazena řadou měření. Vynesete-li výsledky do grafu průměr_clony/jasnost, můžete vzhled komy objektivně hodnotit podle strmosti a tvaru křivky. Druhým důvodem jsou práce, které se snaží na základě takto prováděných měření ukázat, že za jistých podmínek lze konečnou jasnost komety stanovit proložením získaných výsledků funkcí, která se k ní asymptoticky blíží.

Stejně jako v případě vizuálních pozorování je údaj o jasnosti tělesa tím nejdůležitějším, zároveň ale CCD záznam obrazu komety umožňuje sledovat délku, poziční úhel případně strukturu ohonů. V tomto směru je CCD snímek mnohem efektivnější. Vizuálně jsou ohony komet patrné většinou jen u opravdu jasných těles. CCD zviditelní ohony i u slabších komet (v závislosti na přístroji a pozorovacích podmínkách) a navíc zachytí detaily, jejichž vývoj lze sledovat prakticky v reálném čase. Objektivní záznam jevu umožňuje jeho zpětnou analýzu. Dat lze využít ke zkoumání chování meziplanetárního magnetického pole či struktury slunečního větru na škálách srovnatelných s délkou ohonů.



Obrázek 8 a 9:

Vlevo – profil jasnosti komety 29P před a po zjasnění v září 2004.

Vpravo – program GAIA umožňuje provádět relativní fotometrii v kruhových aperturách.

Postup pozorování

Pozorování je třeba provádět za dobrých atmosférických podmínek, přitom ale lze říci že v oboru R není vliv světelného znečištění tak významný, prachová složka komy je většinou kompaktnější, jasnější a lépe vystupuje nad pozadí.

Prvním krokem je příprava. Na základě informací o aktuální jasnosti je třeba rámcově připravit noční program, do kterého zařadíme objekty, které se v době našeho pozorování budou nacházet ve vhodných podmínkách (vysoko nad obzorem, daleko od Měsíce, ...). Je potřeba sledovat také aktivity dalších pozorovatelů. Pozorovací možnosti jsou omezeny podmínkami i technikou a nemá cenu plýtvat časem na „spořádané se chovající“ objekty, které kolega pozoroval před několika hodinami a jsou spolehlivě mimo dosah mého přístroje (neplatí pro vrtošivá tělesa typu 29P). Na druhé straně je žádoucí napínat možnosti techniky na samotnou hranici, protože nikdy nevíte, jestli ta která kometa nezjasněla. Další částí přípravy je update software - především katalogu kometárních drah. Zvláště u nových komet a se vám lehce stane, že s týden starými drahami kometu prostě nenajdete.

Po této teoretické přípravě nezbyvá než zprovoznit sestavu - kamera, montáž, počítačová technika - a vydat se na „lov“. I dnešní době bude většina z vás objekty vyhledávat ručně, komety jsou objekty, které málo kdy naleznete ve stejném zorném poli o 24 hodin později. S tím souvisí potřeba mít naprostou kontrolu nad tím, co kamera snímá. Na počítač, ke kterému je připojena kamera, je vhodné nainstalovat vhodný software pro vyhledávání objektů (např. GUIDE 8, ...), což vám umožní v reálném čase srovnávat vzhled kamerou snímaného pole a sekvenci hvězd v okolí hledaného objektu.

Samotné snímání materiálů probíhá v několika krocích: 1. snímání komet probíhá funkce AUTOGRAB bez získávání temných snímků (pouze syrová data), expozicí, kterou dovolí vlastní pohyb objektu a nestabilita pohonu montáže; 2. během noci je získána série temných snímků (DARKFRAME) pro pozdější zpracování, při kterém je na fotografie komet aplikován jejich medián, což by mělo vést ke zvýšení přesnosti fotometrických měření. Vzhledem k nerovnoměrné citlivosti pixelů čipu je pro fotometrické účely nutno na každý snímek aplikovat FLATFIELD, který zajistí smazání rozdílů mezi jednotlivými elementy obrazu. FLATFIELD není třeba snímat každou noc, je obdobně jako DARKFRAME, přičemž expozice je volena tak, aby jednotlivé snímky byly naexponovány na polovinu rozsahu, aplikuje se opět medián; 3. během

v oboru R. Tyto snímky slouží pro úpravu výsledného fotometrického měření na lokální hodnotu extinkce. Snahou je získat sérii snímků těchto polí v různých výškách nad obzorem. Jasnost kalibračních hvězd se pohybuje v rozmezí +6,5 až +8,5 mag v oboru R a tomu je přizpůsoben také expoziční čas. I k těmto snímkům je potřeba pořídit samostatné DARKy.

Zpracování materiálu

Zpracování materiálu probíhá pomocí vhodného software (MUNIPACK [viz 8], CCDOps). Nejprve je třeba získat a aplikovat FLAT a DARKY pro snímky komet i kalibračních polí. Upravené snímky je třeba složit na pohybující se kometu - za pomoci vhodného software MUNIPACK, Astrometrica aj. Výsledným produktem zpracování je snímek, který je "pointován" na pohybující se objekt, přitom je částečně eliminováno také případné ujíždění montáže. Způsob skládání v jistém smyslu napodobuje snímání Track and Accumulate, který v původní podobě CCDOps nedoporučují používat - zkažení všech snímků v případě poškození jednoho či změna formátu výsledného obrazu a problematická aplikaci DARKů a FLATů.

Fotometrie komet

Získaný snímek komety je třeba proměřit - CCDOps (nevýhodou jsou čtvercové apertury) nebo GAIA [viz 9]. Provádíme relativní fotometrii objektů v různých průměrech clon. Získané hodnoty je nutné kalibrovat na hodnotu místní extinkce, k čemuž slouží snímky kalibračních polí získané během stejné noci. Nejprve je třeba zjistit hodnotu extinkce, což je veličina, která za daných atmosférických podmínek udává hodnotu, o jakou klesne jasnost hvězdy průchodem přes vrstvu atmosféry o tloušťce odpovídající jedné vzduchové hmotě.

V závislosti na ploše objektivu a jeho ohniskové vzdálenosti je ze snímků softwarově zjištěna relativní magnituda jednotlivých hvězd či komet. Mějme libovolnou hvězdu o mimoatmosférické magnitudě M v oboru R, která během noci mění svou polohu na obloze v důsledku rotace Země, a promítá se tedy do různé výšky nad obzorem. Pokud by planeta Země byla bez atmosféry, pak bychom stejnými přístroji naměřili v každé výšce nad obzorem stejnou jasnost $m_1, m_2, \dots, m_n$ a platil by vztah $m_1 = m_2 = \dots = m_n = M$. Jelikož atmosféru máme, je nutné uvažovat, že jasnost hvězdy je závislá na výšce hvězdy nad obzorem. Pro dvě různé výšky nad obzorem naměříme pro jednu hvězdu o magnitudě M hodnoty m_1 a m_2 , které jsou vzájemně různé a navíc ani jedna z nich nepředstavuje M . V tomto případě platí, že $m_1 - m_2 = k$. Uvažujeme dále, že mezi M a m_1 platí vztahy $m_1 = M + e \times h_1$ a zároveň $m_2 = M + e \times h_2$, kde h_1 a h_2 jsou množství vzdušných hmot ve výškách nad obzorem H_1 a H_2 a e je extinkční koeficient. Z těchto vztahů lze odvodit, že e platí vztah $e = (m_1 - m_2) / (h_2 - h_1)$. Obdobný postup lze zvolit také pro dvě různé hvězdy o mimoatmosférických magnitudách M_1 a M_2 , které se nacházejí v jednom okamžiku v různých výškách nad obzorem H_1 a H_2 . Toho lze využít pro zjištění jasnosti komety.

Publikace a jiné výstupy

Naměřené výsledky je nutné zpracovat do protokolu, který pro fotometrická měření komet používá ICQ. Pro účely publikace CCD pozorování se v ICQ užívá rozšířené kódování o 120 sloupcích. Ten obsahuje základní informace o pozorovaném objektu, datum a čas pozorování, naměření hodnoty, informace o pozorovateli, použitém vybavení a metodě pozorování. Prvních 11 sloupců (IIIIYYYMnL) obsahuje označení komety, následuje určení světového času pozorování (YYYY MM DD.DD), metoda měření (eM), jasnost komety (mm.m:), typ přístroje a délka celkové expozice (AAA.ATF/xxxx), průměr komy (/dd.ddnDC), délka a poziční úhel ohonu (/t.ttmANG). Na úplný závěr jsou uvedeny informace, které se doplňují v ICQ a kód pozorovatele (ICQ XX*OBSxx). Další část kódu obsahuje informace o způsobu prováděných

měření a parametry CCD kamety (Int APERTURcamchip SFW C ## u.uu xx.x PIXELSIZE). Informace o stupni kondenzace je nahrazena sadou několika měření téhož snímku v různých průměrech clon. Stavba kódu je podrobněji rozebrána v [3] a [4].

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
IIIIYYMMnL	YYYY	MM DD.DD	eM/mm.m:r	AAA.ATF/xxxx	/dd.ddnDC	/t.ttmANG	ICQ XX*OBSxxf	Int APERTURcamchip	SFW C ## u.uu xx.x PIXELSIZE
2003WT422006	03 07.93	dC 15.1	LB 6.3M	8a840	2.0	2.0m279	ICQ XX SRB	a 15C	0.50mST7 K40 GAI 5 9*0.25 7.0 7.4s 7.4
2003WT422006	03 07.93	dC 14.2	LB 6.3M	8a840	2.0	2.0m279	ICQ XX SRB	a 15C	1.00mST7 K40 GAI 5 9*0.20 7.0 7.4s 7.4
2003WT422006	03 07.93	dC 14.1	LB 6.3M	8a840	2.0	2.0m279	ICQ XX SRB	a 15C	2.00mST7 K40 GAI 5 9*0.20 7.0 7.4s 7.4
2003WT422006	03 07.93	dC 13.9	LB 6.3M	8a840	2.0	2.0m279	ICQ XX SRB	a 15C	2.50mST7 K40 GAI 5 9*0.20 7.0 7.4s 7.4
73b	2006 03 19.92	dC 12.4	LB 1.5A	4a900	> 4		ICQ XX SRB	a 15C	4.45mST7 K40 GAI 4 9*0.30 7.0 1.1m 1.1
73b	2006 03 19.92	dC 11.7	LB 1.5A	4a900	> 4		ICQ XX SRB	a 15C	8.90mST7 K40 GAI 4 9*0.30 7.0 1.1m 1.1
73c	2006 03 06.82	dC 13.2	LB 6.3M	8A200	2.6	> 5	m268 ICQ XX SRB	a 15C	0.50mST7 K40 GAI 5 9*0.25 7.6 7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 12.5	LB 6.3M	8A200	2.6	> 5	m268 ICQ XX SRB	a 15C	1.00mST7 K40 GAI 5 9*0.20 7.6 7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 12.1	LB 6.3M	8A200	2.6	> 5	m268 ICQ XX SRB	a 15C	2.00mST7 K40 GAI 5 9*0.20 7.6 7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 11.9	LB 6.3M	8A200	2.6	> 5	m268 ICQ XX SRB	a 15C	2.60mST7 K40 GAI 5 9*0.20 7.6 7.4s 7.4
73c	2006 03 06.82	dC 11.9	LB 6.3M	8A200	2.6	> 5	m268 ICQ XX SRB	a 15C	3.95mST7 K40 GAI 5 9*0.25 7.6 7.4s 7.4

V České republice se o data pro ICQ stará Společnost pro MeziPlaneární Hmotu, která také koordinuje pozorování komet prostřednictvím měsíčníku Zpravodaj SMPH. V případě zájmu vám též poradí se zpracováním a kódováním vašich pozorování. Kontakty lze nalézt na domovské stránce SMPH (<http://smph.astro.cz>). ICQ však není jedinou organizací, která data shromažďuje a využívá. Řada pozorovatelů funguje na bázi mezinárodních skupin s přesně definovaným programem, jehož výstupem nejsou jasnosti, ale jiná fyzikální veličina. V tomto směru jsou zajímavé výsledky italské skupiny CARA (Comet Data Archive for Amateur Astronomers - <http://cara.uai.it>), která používá pozorování svých členů ke sledování veličiny $Af[\rho]$, která v podstatě reprezentuje množství prachu obsaženého v komě. Pozorování lze také publikovat „předběžně“ na internetu. Poměrně prestižním místem pro předběžnou publikaci výsledků je samotná stránka ICQ (<http://cfa-www.harvard.edu/icq/CometMags.html> - Recent comet magnitude estimates).

Získaná data lze použít také ke sledování kvality vlastních pozorování. Podrobnou analýzou lze hledat vliv podmínek, svitu Měsíce, chyb určení extinkce atd. Z níže uvedených grafů je například patrné, že pro malé clony má světelná křivka velice podobný průběh, ale se zvětšující clonou roste její variace, což je dáno jednak již zmíněnými většími chybami vlastních měření, za druhé vyšším vlivem kvality pozorovacích podmínek atd. Sledování měnicích se profilu jasnosti v komě může vést k odhalení vlastních zjasnění. S poměrně řídkým pokrytím křivky jedním pozorovatelem je totiž obtížné odhalit náhodnou chybu od zjasnění. Právě zjasnění je obvykle doprovázeno poměrně prudkou změnou morfologie komy, což by se mělo projevit na profilu jasnosti v komě.

Spolupráce amatérů a profesionálů

Přímá spolupráce amatérů s profesionály je v tomto oboru spíše výjimkou. Občas se vyskytují projekty, u kterých je zapojení velkého počtu poučených amatérů do pozorování žádáno. Ze současnosti lze uvést dva příklady. Jednak pozorovací kampaň komety C/2001 Q4 (NEAT), která měla zdokumentovat vývoj její jasnosti v obdobích, kdy byl profesionálním týmem objednan pozorovací čas na rentgenovém satelitu. Účelem bylo zhlédání souvislostí případných variací jasnosti v obou těchto oborech. Za druhé je třeba zmínit rozsáhlý projekt doprovázející misi Deep Impact s názvem Small Instruments Science Program [6]. V očekávání grandiózních následků střetu jádra komety 9P/Tempel s impaktorem bylo totiž třeba zajistit co největší časové a prostorové pokrytí velkoškálových jevů. Šlo hlavně o to, zachytit případné krátkodobé projevy, na které nebudou schopni profesionálové sami zareagovat, či získat záběry možných jetů a dalších struktur v komě a ohonech, které jsou jen stěží zaznamenatelné v přístrojích s malým zorným polem. Do projektu, který byl omezen jen velikostí dalekohledu a jistým stupněm pokročilosti se zapojilo velké množství pozorovatelů z celého světa. Vzhledem k tomu, že projevy doprovázející srážku byly spíše krátkodobé a z pohledu pozemského pozorovatele zanedbatelné, jsou výsledky STSP spíše diskutabilní, přesto se podařilo získat rozsáhlou databázi poměrně přesně definovaných

pozorování jednoho tělesa v období několika měsíců vyjimečné aktivity.

Literatura:

- [1] Kleczek J.; Velká encyklopedie astronomie, Academia, Praha 2002.
- [2] Morris Ch.; Kubíček; P.; Pravec; P.; Přehled vizuálních metod pozorování komet.
Dostupné z: <http://www.astro.zcu.cz/prog.komety/navod.html>.
- [3] ICQ: Observation Format for Data Contributed via E-mail.
Dostupné z: <http://cfa-www.harvard.edu/icq/ICQFormat.html>.
- [4] ICQ: Keys to Codes used in Tabulated Observation Format.
Dostupné z: <http://www.cfa.harvard.edu/icq/ICQKeys.html>.
- [5] Brief Introduction to Comet Photometry.
Dostupné z: <http://cfa-www.harvard.edu/icq/cometphot.html>.
- [6] Deep Impact Mission's Small Telescope Science Program.
Dostupné z: <http://deepimpact.umd.edu/stsp/>.
- [7] Hroch F.; MUNIPACK home page. Dostupné z: <http://mipack.astronomy.cz/>.
- [8] Raab H.; Astrometrica Software Home Page. Dostupné <http://www.astrometrica.at/>.
- [9] GAIA Home Page. Dostupné z: <http://star-www.dur.ac.uk/~pdraper/gaia/gaia.html>.
- [10] Deep Impact Image Gallery.
Dostupné z: <http://deepimpact.jpl.nasa.gov/gallery/images.html>.
- [11] Comets - I. Dostupné z:
<http://www.physics.uc.edu/~sitko/AdvancedAstro/21-Comets-I/Comets-I.htm>.
- [12] Spectrum of comet 2001 Q4 (NEAT).
Dostupné z: <http://www.astrogeo.va.it/astronom/spettri/Q4en.htm>.
- [13] Some Remarks on the Use of HIPPARCOS.
Dostupné z: <http://www.fg-kometen.de/helesyst.htm>.
- [14] Astrostudio Home Page. Dostupné z: <http://www.astrostudio.at>.

Další stránky věnované CCD fotometrii komet:

- [aa] Hornoch K.; Stránka lelekovických astronomů;
Dostupné z: <http://astro.sci.muni.cz/lelek/>.
- [bb] Srba J.; CCD fotometrie komet.
Dostupné z: <http://www.hvezdarna-vsetin.inext.cz/showpage.php?name=comet>.
- [cc] Mikuz; H.; CCD Photometry of Comets
Dostupné z: <http://www.observatorij.org/CCDPhot/iwca5.html>.

Jiří Srba, Hvězdárna Vsetín

Ako sa rodí objav pri pozorovaní premenných hviezd

Abstrakt

Článek popisuje historii vzniku sítě pozorovatelů premenných hviezd na Slovensku so

astrofyzikálnemu objavu. Takýto objav sa pravdaže niekedy rodí celé roky a je za ním skrytá dlhodobá systematická práca. Systematickým získavaním a cieľenou pozorovacou kampaňou boli získané pozorovacie data symbiotickej premennej hviezdy YY Her a zákrytovým modelom bolo vysvetlené chovanie tejto zaujímavej sústavy.

Pred vyše štvrtstoročím vznikla na Slovensku možnosť vydávať Astronomickú ročenku pre najširší okruh záujemcov o astronomické dianie na dennej ale aj nočnej oblohe. Jeden z autorov tohto článku (L.H.) sa vtedy podujal, že vypracuje mapky a podklady pre pozorovateľov premenných hviezd a že sa bude snažiť kontaktovať takýchto pozorovateľov hlavne preto, aby ich pozorovania nezapadli do zabudnutia, ale aby sa využili pri ďalšom výskume premenných hviezd. Po niekoľkých rokoch sa ukázalo, že na Slovensku neexistuje dostatočne silná skupina pozorovateľov premenných hviezd, preto spolu s kolegom Skopalom publikovali v roku 1989 výzvu na pozorovanie symbiotických hviezd na medzinárodnej úrovni. Spomínaná kampaň priniesla svoje ovocie a pozorovacie dáta začali prichádzať z rôznych krajín Európy. Do kampane sa vtedy zapojil aj Ing. Z. Velič - jeden z najlepších slovenských pozorovateľov premenných hviezd. Kampaň bola pripravená do najmenších podrobností. S A. Skopalom sme pripravili pre všetky navrhované hviezdy pozorovacie mapky, porovnávacie hviezdy a ďalšie potrebné informácie pre pozorovateľov. Medzi sledovanými symbiotickými hviezdami bola aj nenápadná symbiotická hviezda YY Her, ktorá je trochu slabšia, ako širšia skupina najznámejších zástupcov tejto skupiny premenných hviezd, ktoré zaradujeme do obecného typu kataklizmatických premenných hviezd.

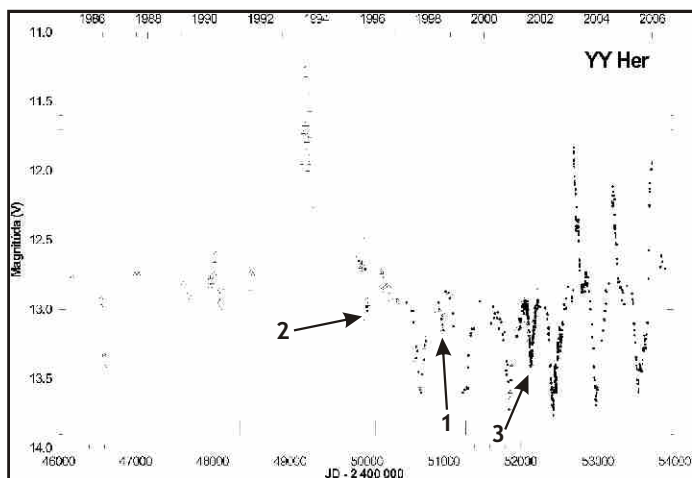
YY Her patrí do skupiny klasických symbiotických hviezd so vzplanutiami podobnými nove. Ako premenná hviezda bola objavená Wolfom v roku 1919. V tridsiatich rokoch ju Plaut a Böhme klasifikovali ako nepravidelnú premennú. Až v roku 1950 ju Herbig identifikoval ako symbiotickú hviezdu na základe detailného popisu jej spektra. Naša súčasná predstava o tejto sústave je taká, že horúcou zložkou je biely trpaslík o teplote 100 000 K obklopený hustou obálkou, ktorá je dopĺňovaná látkou, prenášanou zo sekundárnej zložky. Sekundárnou zložkou je červený obor, vyplňajúci svoj Rocheov lalok, s povrchovou teplotou 3500 K. Ani po 60 rokoch od jej objavu neboli pre ňu k dispozícii dostatočne dobré fotometrické dáta, preto sme dúfali, že široká medzinárodná kampaň priniesie dobré pokrytie svetelnej krivky a odhalí jej ďalšie vlastnosti. Žiaľ nestalo sa tak, nakoľko pre pozorovateľov bol objekt príliš slabý a tak dali radšej prednosť pozorovať osvedčené symbiotiky, u ktorých sa striedali štádiá aktivity so štádiami kludu a u ktorých občasné neočakávané silné vzplanutia prinášali pre pozorovateľov zadosťučinenie a odmenu za dlhodobú systematickú prácu. Systematické pozorovanie tohto objektu vykonával iba Z. Velič na svojom súkromnom observatóriu v Beluši pomocou vlastnoručne zostrojenej CCD kamery. Takto sme mali k dispozícii CCD dáta v štyroch filtroch BVRI, ktoré pokrývali časový úsek od júla 1995 až do novembra 2000. Svetelná krivka bola poznačená monotónnym poklesom jasnosti od silného vzplanutia, ku ktorému došlo ešte v roku 1993. Navyše sa dali rozoznať tri minimá, ktorých časové zmeny dobre odpovedali orbitálnej perióde, ktorá bola v tom čase už približne známa. Okrem toho sme však na svetelnej krivke objavili tri body, ktoré naznačovali pokles jasnosti v roku 1998 presne v strede medzi hlavnými minimami!

Iba tri body na svetelnej krivke nám vnukli myšlienku, že takéto chovanie je možné vysvetliť ako sekundárne minimum v zákrytovej sústave. Takéto vysvetlenie bolo úplne neočakávané a navyše podporené len pár bodmi z jedného observatória. Na obrázku 1. sú tieto tri body označené zelenou šípkou (číslo 1) a vyjadrovali nádej, že takýto pokles budeme detegovať aj v ďalšom cykle orbitálnej periódy. Toto sa nám však tiež nepodarilo, iba keď sme išli v našej analýze do minulosti, našli sme na svetelnej krivke dva body z roku 1995, ktoré však mohli súvisieť s monotónnym poklesom jasnosti alebo aj s počiatočnými problémami pri spustení novej aparatury. Tieto dva spomínané body sú na tom istom obrázku vyznačené modrou šípkou (číslo 2). Keď sme všetky takto získané výsledky vyhodnotili, dospeli sme k názoru, že ak pozorované poklesy jasnosti sú reálne, je možné takéto chovanie objektu vysvetliť zákrytovým

modelom s pozorovanými primárnymi, ale aj sekundárnymi zákrytmi. Spresnili sme aj orbitálnu periódu celého systému na 587,54 dňa. Sekundárne zákryty by boli ale novým objavom v tejto sústave, nakoľko takéto chovanie zatiaľ nielenže nikto nepredpokladal, ale dokonca Talian Munari - známy odborník na symbiotické hviezdy v dvoch svojich prácach z roku 1997 zákryty vylúčil ako možnú príčinu pozorovaných variácií. Keď sme teda napísali prácu o zákrytovom modeli a výsledky sme prezentovali aj na medzinárodnej úrovni v roku 2001, nezískali sme podporu pre náš model v medzinárodnej komunite. Panovala aj nedôvera k získaným dátam iba z jedného prístroja a tiež široká medzinárodná kampaň na symbiotické hviezdy neprinášala nové výsledky. Vtedy sme sa rozhodli, že treba vyhlásiť cieľenú medzinárodnú kampaň, zameranú len na jeden skúmaný objekt, v našom prípade YY Her.

Cieľená medzinárodná kampaň priniesla veľmi zaujímavé a presvedčivé výsledky. Do kampane sa zapojili nasledovné inštitúcie a observatóriá: Univerzita v Aténach s 0,4 m reflektorom a CCD kamerou, Národné observatórium v Aténach s 1,2 m reflektorom a fotoelektrickým fotometrom umiestneným na horskom observatóriu Kryonerion na Peloponézskom polostrove. Z Čiech sa ďalej zapojila Hvezdáreň vo Valašskom Meziříčí s 28 cm Schmidt-Cassegrainom a CCD kamerou, Hvezdáreň Vyškov s 30 cm reflektorom a CCD kamerou, HaP v Brne s 0,4 m Nasmythom a CCD kamerou, Astronomický ústav AV ČR v Ondřejove s 18 cm Maksutovom a CCD kamerou. Na Slovensku sa pokračovalo v pozorovaniach na súkromnom observatóriu v Beluši s 18 cm Newtonom a CCD kamerou a na Astronomickom ústave SAV na observatóriu v Starej Lesnej s 0,6 m Cassegrainom a fotoelektrickým fotometrom. Hlavným cieľom takéhoto masívneho nasadenia prístrojovej techniky bolo čo najhustejšie pokrytie svetelnej krivky v čase očakávaného sekundárneho minima. V tom čase publikovala poľská astronómka J. Mikolajewska prácu o YY Her, v ktorej navrhla model na vysvetlenie pozorovaných svetelných variácií tohto dvojhviezdneho systému. Vo svojej práci citovala aj náš článok o zákrytovom modeli, no na rozdiel od nás navrhla fenomenologický model, v ktorom svetelné zmeny

vysvetľuje kombináciu elipsoidálneho efektu a sínusoidálnych variácií nebulárneho kontinua a čiarových emisií. Naša kampaň však medzitým pokračovala veľmi intenzívne a už v roku 2002 sme mali istotu, že hlavný cieľ bol splnený. Na svetelnej krivke sa objavilo krásne pokryté sekundárne minimum a náš objav bol takto definitívne potvrdený. Na obrázku 1 je toto minimum vyznačené šípkou (číslo 3). Úspešnosť kampane v nás však vyvolala zvedavosť, či by bolo možné pokryť aj primárne minimum a na základe modelovania celej svetelnej krivky, získanej počas jedného orbitálneho cyklu, potvrdiť náš predpoklad o správnosti zákrytového modelu. V kampani



Obrázok 1: Historická svetelná krivka symbiotickej hviezdy YY Her. Plnými krúžkami sú vyznačené naše údaje a trojuholníkmi údaje publikované v zahraničí. Polohy šípiek sú vysvetlené v texte článku. Najsilnejšia aktivita systému bola pozorovaná v roku 1993, keď došlo k prudkému vzplanutiu. Na obrázku sú zvislými čiarkami vyznačené polohy primárnych miním podľa nami určenej efemeridy. Aj keď je svetelná krivka v čase pred vzplanutím nedostatočne pokrytá, dá sa na

sa teda pokračovalo a v zime roku 2002 sme už mali odpozorované aj primárne minimum. Toto minimum však nebolo také symetrické, nakoľko v tomto období sa prejavila aktivita celého dvojhviezdneho systému, ktorá pokračovala aj v ďalšej pozorovacej sezóne a v roku 2003 vyústila do prudkého vzplanutia. Naša kampaň postupne doznela a my sme mali k dispozícii kompletnú svetelnú krivku. Prerušenia svetelnej krivky sú počas zimy 2001 - 2002 a 2002 - 2003, keď Herkules nie je pozorovateľný. Krivky v jednotlivých filtroch veľmi dobre navzájom korešpondujú, jedine v B filtri môžeme pozorovať zvýšený šum. Tento rozptyl dát v B filtri je spôsobený tým, že v tejto oblasti elektromagnetického žiarenia sú použité CCD detektory už menej citlivé a hviezda má v tejto farbe aj najmenšiu jasnosť.

Potvrdenie alebo vyvrátenie zákrytového modelu teraz už bolo možné urobiť na základe analýzy získanej svetelnej krivky. V ďalších krokoch sme z napozorovaných dát vyhotovili dvojfarebné diagramy, sledovali sme sčervenie a zmodranie v jednotlivých fázach orbitálneho cyklu, porovnávali sme rýchlosti zmien jasnosti v oboch minimách a pod. V tomto článku by sme však radi uviedli ešte aspoň dva grafy, pomocou ktorých sme testovali fenomenologický model publikovaný J. Mikołajewskou, fyzikálne modely s rôznou teplotou bieleho trpaslíka a kde je aj porovnanie s našim zákrytovým modelom. Snažili sme sa aj o to, nielen ukázať, že zákrytový model dobre vysvetľuje pozorované svetelné variácie, ale že snažia vysvetliť variácie pomocou reflexného efektu (efekt odrazu) a elipsoidálneho efektu neprináša riešenie. Aj keď jej model dobre kopíruje primárne minimum, jej sekundárne minimum vôbec neodpovedá reálnym pozorovaniam. V tomto modeli nedochádza k zákrytom medzi zložkami, ale k zmenám dochádza hlavne natáčaním rôznych strán deformovaného červeného obra k pozorovateľovi. Toto nazývame elipsoidálnym efektom. Okrem toho sú tu ešte započítané sínusoidálne variácie hmotoviny a emisných spektrálnych čiar. Tieto vplyvy však nie sú bližšie určené ani kvantitatívne spočítané. Pomocou ďalších kriviek sme na tomto obrázku vyznačili modely, v ktorých meníme teplotu bieleho trpaslíka a k zmenám jasnosti dochádza iba vplyvom elipsoidálneho a reflexného efektu. Zelená krivka odpovedá teplote bieleho trpaslíka 100 000 K, pričom vôbec nedochádza k sekundárnemu minimu. Sekundárne minimum sa na krivke objaví až keď teplotu trpaslíka znížime na 53 000 K - hnedá krivka. K rovnakej hĺbke primárnych a sekundárnych miním by dochádzalo pri teplote 35 000 K, čo je už pre bieleho trpaslíka veľmi nízka teplota - červená krivka. Z uvedenej analýzy vyplýva, že bez predpokladu zákrytov v sústave jej svetelné zmeny nedokážeme vysvetliť. V ďalšom kroku sme preto predpokladali, že biely trpaslík s vysokou teplotou je obklopený hustou obálkou, ktorú môžeme modelovať hviezdou o teplote 4000 K. Pre túto teplotu obálky sme dostali najlepší súhlas s pozorovaniami. Obálka počas orbitálneho obehu okolo spoločného ťažiska s červeným obrom ho na určitú dobu periodicky zakrýva a takto vznikajú sekundárne minimá. Naopak, keď zakrýva obor časť obálky vznikajú minimá primárne. Sklon sústavy sme určili na 85° . Treba si uvedomiť, že počas aktivity sústavy, keď dochádza k zvýšenému prenosu hmoty, môže dochádzať aj k deformáciám horúcej obálky, čo sa prejaví asymetriou pozorovaných miním. Takéto detailné štúdium chovania YY Her bude predmetom našej budúcej práce.

Porovnaním predložených modelov dospievame k záveru, že náš zákrytový model najlepšie vysvetľuje chovanie sústavy. Dlhodobou prácou mnohých astronómov sa podarilo zhromaždiť unikátne dáta, ktoré nás priviedli k neočakávaným výsledkom. V ďalších rokoch bude potrebné podrobnejšie preštudovať opakované vzplanutia a aktivity, ktorá deformuje svetelnú krivku. Viac odpovedí by priniesla analýza spektroskopického materiálu, ktorý je zatiaľ v šuplíkoch na väčších svetových observatóriách. Je pochopiteľné, že ide o nezávidenia hodnú prácu, nakoľko náš model vyvrátil niektoré staršie vedecké štúdiá. V súčasnosti patrí veľká vďaka všetkým pozorovateľom (A. Dobrotka, K. Gazeas, P. Hájek, K. Koss, P. Niarchos, P. Sobotka, V. Šimon, L. Šmelcer a samozrejme Z. Velič) ktorí neľutovali svoj pozorovací čas obetovať pre tento, na počiatku tak riskantný projekt.

Ladislav Hric, Astronomický ústav SAV

Pozorování proměnných hvězd

Noční obloha patří mezi skvosty, které nám příroda nabízí. V minulosti se mnoho učenců snažilo popsat a pochopit, jestli existuje nějaký řád ve vesmíru. Vzdálené hvězdy byly po mnoho staletí pro astronomy stálíce, neměnily výrazně svoji vzájemnou polohu. Časem se ukázalo, že se tam vyskytuje několik výjimek - bludná světla (planety). Dnes víme, že to jsou tělesa obíhající kolem naší hvězdy - Slunce.

Nicméně se na obloze občas objevila i jiná světla - jasné svítící body, které astronomové považovali za nové hvězdy. Díky podrobným zápisům ze starých kronik (ať už čínských, korejských či dalších) můžeme dnes zpětně vysvětlit, co tenkrát lidé pozorovali. Zpravidla to byly supernovy - velmi hmotné hvězdy, které v posledním stadiu vývoje předvádějí velkolepé divadlo na noční (někdy i na denní) obloze. Pravidelná pozorování pak přinášela další nové objevy. Mezi ně patří i objev proměnných hvězd. Na úvod o nich můžeme povědět, že se jedná o objekty, které z různých důvodů mění svoji jasnost.

K čemu jsou (nejen) proměnné hvězdy dobré

Ve hvězdách je soustředěna nejjednodušší část hmoty obsaženého ve vesmíru, vodík a hélium. V počátcích vesmíru nebylo o těžších prvcích ani vidu, ani slechu. Právě uvnitř první generace hvězd díky termonukleárním reakcím vznikaly těžší prvky, které se díky "recyklaci" dostaly do další generace hvězd, jako je třeba naše Slunce. Teprve zde byl možný vznik planetárního systému, kde mnohé planety a další tělesa jsou tvořeny těžšími atomy, než je hélium. Nejde však jenom o planety. Bez těžších prvků by nevznikly ani rozmanité formy života tady na Zemi, a jak se dá předpokládat, i u jiných hvězd.

Co se o nich můžeme dovědět

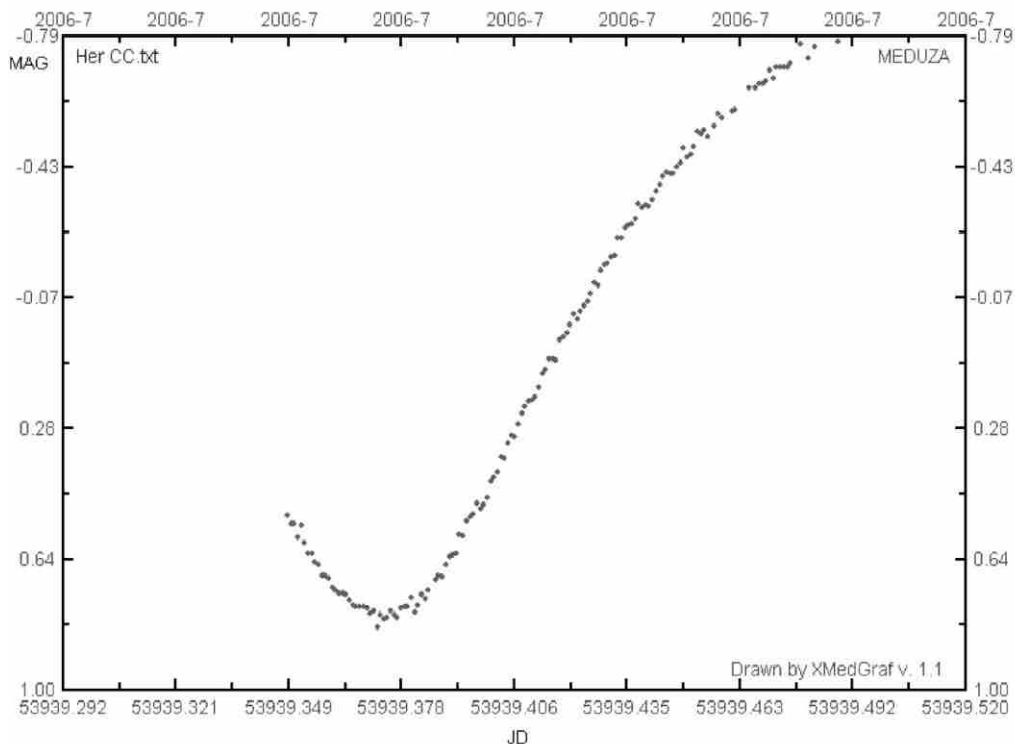
Hvězdy svítí vlastním světlem a to je dáno tím, že jejich povrch je zahřátý na teploty řádově tisíce stupňů Celsia. Co zahřívá jejich povrch? To jsou už zmiňované termonukleární reakce, probíhající ve středu hvězd. Uvolněná energie se pak přenáší do vyšších vrstev až k povrchu, kde se její část přemění na fotony, které dál putují vesmírem a do všech stran šíří informaci o existenci takového objektu. Právě fotony přicházející od hvězd je pro nás jedinou informací, kterou můžeme získat. Nicméně v nich je skryto mnoho důležitého, co se můžeme o hvězdě dovědět. V případě pozorování proměnných hvězd se tento tok fotonů mění, jinak řečeno hvězda je někdy jasnější, jindy slabší. Důvodů, proč se tak děje, je poměrně mnoho. Uvedu zde jen některé.

Mechanismy proměnnosti hvězd

Geometrické

1) rotující hvězdy - předpokládá se, že na povrchu některých hvězd se na povrchu vyskytují chladnější místa, ze kterých přichází i méně fotonů. Díky tomu, že hvězdy se otáčejí kolem své osy, směrem k pozorovateli se promítají teplotně různé oblasti. Tyto změny je pak možné fotometricky zaznamenat do výsledného grafu, kterému se říká světelná křivka.

2) zákrytové hvězdy - v tomto případě se jedná zpravidla o dvojhvězdy. Ty obíhají kolem společného těžiště. V případě, že tato oběžná rovina je orientována směrem k nám, můžeme sledovat vzájemné zákryty hvězd. Tyto zákryty se pak projevují na světelné křivce jako



Obrázek 1: Ukázka světelné křivky zákrytové proměnné hvězdy CC Her. Na vodorovné ose je zobrazen čas (v astronomii se používá juliánské datování), na svislé změna intenzity svítivosti (uváděna v magnitudách).

Fyzické

1) **reálné změny v okolohvězdném materiálu** - tento případ se zpravidla týká mladých hvězd, které zahájily svoji životní pout'. V jejich okolí se ještě vyskytuje velké množství prachoplynného materiálu, ze kterého hvězda vznikala. Hvězda však začala svítit vlastním světlem a právě díky tomu dochází k vzájemnému působení. Tlakem záření jsou zbytky hmoty kolem hvězdy odtlačovány pryč od hvězdy a zároven se může zahřívat. Pro pozorovatele na Zemi se pak takový objekt jeví jako chaoticky svítící hvězda. Na světelné křivce jsou vidět neperiodické změny.

2) **reálné změny v podpovrchových vrstvách** - příkladem takových proměnných hvězd jsou hvězdy v závěrečném stadiu vývoje, nazývané červení obři. U těchto hvězd je narušena jejich hydrostatická rovnováha. Důsledkem toho jsou pulzace celé hvězdy, kdy se poměrně periodicky mění jejich velikost. S tím přímo souvisí i následné změny povrchové teploty. Tyto změny jsou pak opět fotometricky pozorovatelné.

3) **změny v jádře hvězdy** - to se týká velmi hmotných hvězd (od 8 Msl a více) také v zá-

různé termonukleární reakce. V centrální oblasti se pak vzniká železné jádro. Atomy železa se však už nemohou slučovat na další těžší prvky, tudíž v centrální části přestává působit gradient tlaku proti gravitaci a železné jádro se začíná hroutit. V určitém okamžiku se z něho stává velmi hustá látka tvořená neutrony, která vytvoří vůči dalším padajícím vrstvám hmoty nepřekonatelnou překážku. Dopadající hmota se zahřívá na obrovské teploty (kinetická energie se mění na potencionální) a dojde k v okolí kompaktního jádra k překotným termonukleárním reakcím, které rozmetají vnější obal hvězdy. Tento jev pak známe pod jménem vzplanutí supernovy, který patří k nejvíce nápadným projevům změny jasnosti hvězdy ve vesmíru.

Jak se pozorují

První zmínky o podivných hvězdách, které se objevovaly na obloze, pochází ze starých kronik východních zemí, jakými je Čína nebo Korea. Dvorní astronomové měli za úkol sledovat noční oblohu a podávat informace o různých jevech - objevy nových komet, předpovídání zatmění Slunce a Měsíce a další. Mimo jiné se v záznamech objevují informace o hvězdách - hostech. Dnes víme, že tito astronomové viděli vzplanutí supernov. V éře před používáním dalekohledu bylo objeveno jenom několik proměnných hvězd - těch, kdy jejich jasnost je v dosahu našeho zraku neozbrojeného dalekohledem. První zmínka o takovém objevu se datuje rokem 1596, kdy si astronom Fabricius všiml jasné hvězdy v souhvězdí Velryby. Teprve po několika desetiletích pozorování se podařilo prokázat, že změny jasnosti jsou periodické. Dnes je tato hvězda označována jako o Cet a je prototypem dlouhoperiodických proměnných hvězd.

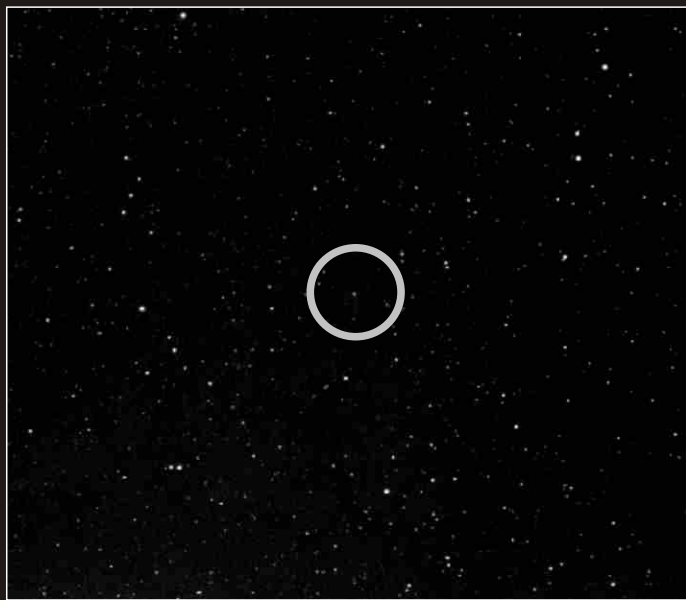
S nástupem dalekohledů v astronomii se stali pozorovatelné hvězdy, které byly našemu zraku nedostupné. Díky tomu také začal růst počet nově objevených proměnných hvězd různých typů. Dalším krokem bylo použití fotografické metody v astronomii. Tehdy se do ruky astronomů dostala objektivní metoda pro zpracování pozorování noční oblohy. I v současné době se astronomové vrací k archivním snímkům, pokud chtějí potvrdit například dlouhodobé změny u jimi zkoumaných objektů. Začátkem osmdesátých let vstupuje na scénu CCD technika - elektronický záznam obrazu. V současné době tato metoda představuje jeden z největších průlomů v astronomii. Výhodou je zrychlení zpracování dat i jejich zjednodušená archivace.

Spolupráce

Proměnných hvězd je na obloze mnoho a zorientovat se v této oblasti pozorovatelské činnosti může být problematické. V mnoha případech je nejlepší se obrátit na zkušené astronomy, kteří poradí se sestavením pozorovacího programu. Mnoho informací je možné se také dovědět na různých seminářích a kongresech.

Budoucnost

Počítače, internetová síť a rozvoj techniky přináší i do této oblasti nové možnosti. Po celém světě se staví, případně už fungují robotické dalekohledy. Jejich hlavním cílem je prohlídka celé oblohy v co nejkratším čase. Získané snímky a data jsou zpracovávána různými skupinami astronomů podle jejich zaměření. Na snímcích je možné objevit nové planety, komety či další zajímavé objekty ve vzdáleném vesmíru. Mimo jiné se také mohou sledovat známé proměnné hvězdy či objevovat nové. Tyto systémy dalekohledů produkují ohromné množství dat. Z tohoto důvodu se zřizují tzv. virtuální observatoře, kde prostřednictvím internetu budou taková data či



Obrázky 2 a 3:

Hvězdné pole v okolí proměnné hvězdy o Ceti. Ta se stala prototypem skupiny dlouhoperiodických proměnných hvězd. Změny svítivosti jsou natolik nápadné, že jsou pozorovatelné pouhým okem.

Ladislav Šmelcer, Hvězdárna Valašské Meziříčí

POZNÁMKY

Zborník zo seminára „Zákryty a zatmenia nebeských telies“

© 2006 Hvězdárna Valašské Meziříčí a Kysucká hvězdáreň

Autori: Jiří Srba, Jaroslav Gerboš, Matúš Kocka, Pavol Rapavý, Ladislav Hric,
Ladislav Šmelcer, Juraj Tóth, Peter Vereš, Jan Mánek, Karel Halíř a další

Sadzba: Hvězdárna Valašské Meziříčí

Obálka: Jakub Mráček, Stanislav Kaniansky, Ján Mäsiar



CEZ HVIEZDY



K SPOLUPRÁCI A POZNANIU

PŘES HVĚZDY



KE SPOLUPRÁCI A POZNÁNÍ

Kysucká hvězdáreň

Dolinský potok 1278, 024 01 Kysucké Nové Mesto

Telefón: +421 414 212 946

E-mail: kyshvezdknm@vuczilina.sk

URL: <http://www.astrokysuce.sk>

Hvězdárna Valašské Meziříčí

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Telefón: +420 571 611 928

E-mail: info@astrovm.cz

URL: <http://projekty.astrovm.cz>



PROJEKT "CEZ HVIEZDY K SPOLUPRÁCI A POZNANIU" JE SPOLUFINANCOVANÝ EURÓPSKYMÍ SPOLOČENSTVAMI.
K JEHO REALIZÁCII BOLI VYUŽITÉ PROSTRIEDKY FONDU MIKROPROJEKTOV PROGRAMU INTERREG IIIA