

Úplné zatmenie Slnka 2006 Manavgat: experimenty a predbežné výsledky

M. Lorenc, B. Lukáč, Slovenská ústredná hviezdáreň Hurbanovo

Abstrakt

Pozorovanie úplného zatmenia Slnka sa uskutočnilo 29.3. 2006 v stredomorskom turistickom stredisku Manavgat (obr.1) Turecko. Úplná fáza nastala okolo miestneho poľudnia. Pozorovacie podmienky počas úplného zatmenia boli čiastočne rušené jemnou vysokou oblačnosťou. Boli pripravené a úspešne vykonané dva experimenty: 1. polarizácia zelenej koróny (Lorenc), 2. identifikácia neutrálnej hmoty v koróne (Lukáč). Pri oboch experimentoch bol získaný hodnotný fotografický a digitálny obrazový materiál.

ÚVOD

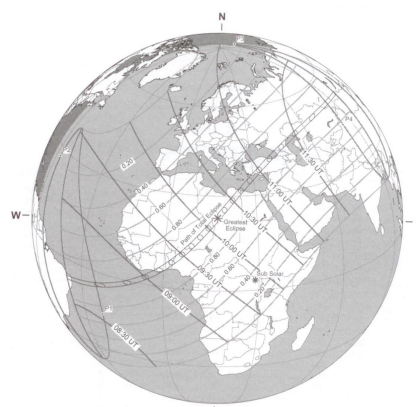
Úplné zatmenie Slnka, ktoré nastalo dňa 29.3.2006 bolo v poradí 29-tým zatmením série Saros č. 139. Pás totality začína na východnom pobreží Brazílie, prechádza Atlantickým oceánom, saharskou Afrikou, kde na hranici Líbie a Čadu dĺžka totality dosiahla maximum 4m07s, východnou časťou Stredozemného mora, naprieč Tureckom, Čiernym morom a končil hlboko v centrálnej Ázii pri hraniciach Mongolska (obr.2). Vzhľadom na dostupnosť dopravnými prostriedkami a predpovedanú poveternostnú situáciu sa javilo, že najvýhodnejšie pre nás bude vybudovať pozorovacie stanovište na stredomorskom pobreží Turecka v oblasti Tureckej riviéry - veľmi tesne pri centrálnej línii pásu totality, kde dĺžka úplnej fázy zatmenia bola predpovedaná na cca 3m50s. Bolo možné uvažovať o experimentoch, ktoré vyžadujú dlhší expozičný čas. Bolo možné použiť aj objemnejšie a hmotnejšie astronomické a pomocné zariadenie, nakoľko bolo možné a výhodné sa dopraviť na pozorovacie stanovište mikrobusedom. Vlastné stanovište bolo zriadené na kamienkovej terase hotela, ktorý sa nachádzal tesne pri morskom pobreží.

Súradnice pozorovacieho stanovišťa:
 $\varphi = 36^{\circ}49'03''$, $\lambda = 31^{\circ}18'14''$, nadm.výška: 10m.

Začiatok úplnej fázy zatmenia -2.kontakt: 10h54m57s
Koniec úplnej fázy zatmenia -3.kontakt: 10h58m41s
Dĺžka totality: 3m44s
Magnitúda zatmenia: 1.049
Pozíčný uhol 2.kontakt: 44.9(NE)
Pozíčný uhol 3.kontakt: 230.3(SW)
Šírka pásu totality: 171 km
Výška Slnka počas úplnej fázy zatmenia: 55
Sklon slnečnej osi: $-25,99^{\circ}$ (W)
Šírka slnečného stredu: $-6,7^{\circ}$



Obr. 1. Pás totality pri vstupe na územie Turecka



Obr. 2. Ortografická projekcia mapy pásu totality

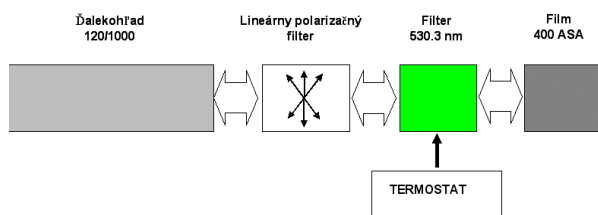
MOTIVÁCIA, EXPERIMENTY, PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIE

Experiment č. 1: Polarizácia zelenej koróny

Pozorovanie polarizovanej slnečnej koróny v zelenej koronálnej čiare $\lambda 530.3$ nm ionizovaného železa

FeXIV umožňuje získať významné informácie o spodnej koróne. Získané údaje o stupni polarizácie a orientácii vektora polarizácie sú jedinečnými zdrojmi informácií o magnetickom poli v slnečnej koróne. V 2. polovici 20. storočia bolo viacero expedičných pozorovaní venovaných spomenutému pozorovaniu, ale publikované výsledky sú častokrát tak rozdielne (Badalyan, 2002), že sa ukazuje potreba ďalších pozorovaní.

Experimentálne zariadenie pozostávalo z ďalekohľadu KONUS - refraktor s priemerom objektívu 120 mm ($f/8,3$) a prídavného zariadenia. V okulárovej časti ďalekohľadu bol namontovaný lineárny polarizačný filter osadený v objímke tak, aby filter bolo možné otáčať okolo optickej osi o 60° (polohy 0° , 60° a 120°). Polarizované svetlo prechádzalo ďalej cez úzkopásmový interferenčný filter s FWHM 0.15 nm (Andover Corp., U.S.A.), ktorý je jemne tepelne ladiateľný v okolí spektrálnej čiary 530,3nm. V ohniskovej rovine ďalekohľadu bol nainštalovaný fotografický aparát Canon s čiernobielym kinofilmom Ilford Delta 400 professional, na ktorý sa exponovala séria 3 obrázkov zelenej polarizovanej koróny Slnka s expozičným časom 20s pri polohách polarizačného filtra 0° , 60° a 120° .



Obr. 3 Bloková schéma experimentu č. 1

Pohyb ďalekohľadu KONUS bol kontrolovaný hľadáčikom so CCD kamerou, takže celý priebeh zatmenia bolo možné sledovať na monitore a súčasne sa robil záznam na video (obr. 4).



Obr. 4 Ďalekohľad KONUS s hľadáčikom

Kalibrácia filmu bola urobená pomocou clony s otvormi rôzneho priemeru, ktorá bola nasadená pred objektív

ďalekohľadu. Disk Slnka bol fotografovaný pomocou tohto zariadenia pred prvým kontaktom s rovnakou expozíciou a na ten istý film ako zelená koróna počas zatmenia. Celé zariadenie bolo nainštalované na paralaktickej montáži s elektrickým pohonom, ktorá bola najustovaná pomocou objektov nočnej oblohy a vedenie ďalekohľadu počas zatmenia bolo bezproblémové. Zaostrenie Slnka bolo vykonané pomocou Hartmanovej metódy.

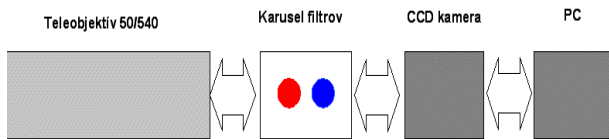
Naladenie interferenčného filtra sa uskutočnilo ešte pred odchodom na expedíciu na veľkom slnečnom spektrografe v Hurbanove. Celé pozorovacie zariadenie bolo umiestnené do miestnosti spektrografa tak, aby bolo možné identifikovať v hľadáčiku fotoaparátu fotosférické absorbné čiary v okolí zelenej koronálnej čiary. Najustovanie zelenej koronálnej emisnej čiary na správnu pozíciu na pozadí Fraunhoferových fotosférických absorbných čiar sa dosiahne zahriatím filtra na patričnú teplotu pomocou elektrického termostatu. Pred zatmením bolo treba nahrievať filter cca 2 h, aby bola zaručená tepelná stabilita filtra. Poloha zelenej koronálnej čiary bola kontrolovaná malým spektroskopom a porovnávaná s fotografickým spektrom zelenej koronálnej čiary získanej na koronografe na Lomnickom štíte.

Experiment č. 2: Identifikácia neutrálnej hmoty v koróne

Napriek vysokej teplote slnečnej koróny sú pozorovania, ktoré dokazujú, že v koróne sa zrejme vyskytuje neutrálny vodík (existencia spektrálnej čiary L_α neutrálneho vodíka v spektre slnečnej koróny pozorovanej na družiciach). Teoretické výpočty zastúpenia neutrálnej a ionizovanej hmoty v koróne sú uvedené v práci Dorotovič a Rybanský (1997). Prítomnosť neutrálnej hmoty, by sa mala prejaviť aj v excese farby koróny (Dorotovic et al., 1998; Lukáč et. al., 2002). Biela koróna pozorovateľná počas úplnej fázy zatmenia pomocou široko-pásmových farebných filtrov poskytuje dáta, ktorých spracovaním, možno usúdiť na farbu slnečnej koróny.

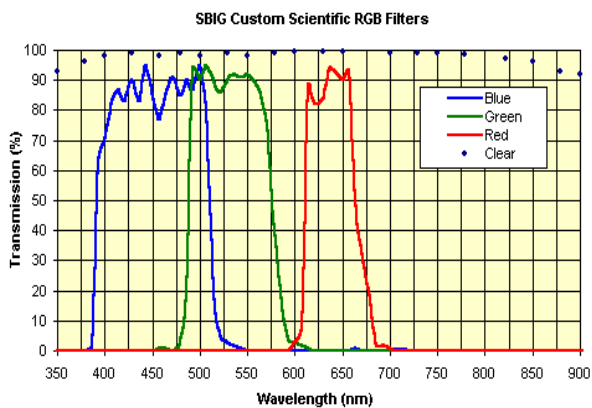
Uskutočnený experiment bol pokračovaním obdobných experimentov už niekoľkých expedičných pozorovaní (Lukáč et. al., 1995; Dorotovič et. al., 1996)

Experimentálne zariadenie (obr.5) pozostávalo z ďalekohľadu o priemere objektívu 50 mm a $f/10.8$. Pred objektív bola umiestnená kovová clona s kruhovými otvormi, aby svetelný tok vstupujúci do zariadenia, bol zoslabený natoľko, aby pripojená CCD kamera ST-10 s čipom 2184 x 1472 pix a s karuselom filtrov, nebola satureovaná registrovaným svetelným tokom. Rozlišovacia schopnosť bola $2,4''/\text{pixel}$. Počas totality boli postupne do chodu svetelných lúčov vkladané buď modrý alebo červený filter. Menili sa expozičné doby a naexponované obrázky CCD kamerou boli uložené na pevný disk PC.



Obr. 5 Bloková schéma experimentu č. 2

Spektrálna priepustnosť použitých filtrov je uvedená graficky na obr. 6 V experimente boli použité filtre modrý B a červený R. Z uvedeného obrázku je vidieť, že pásma priepustnosti filtrov sú od seba oddelené t.j., že pásma červeného a modrého filtra sa neprekrývajú. Z tohto dôvodu bol výber filtrov jednoznačný, aby sme mohli povedať viac o tom, v akom prostredí dochádza k rozptylu svetla.



Obr.6. Charakteristiky RGB filtrov v karuseli kamery ST 10 použitých na fotografovanie slnečnej koróny počas úplného zatmenia Slnka

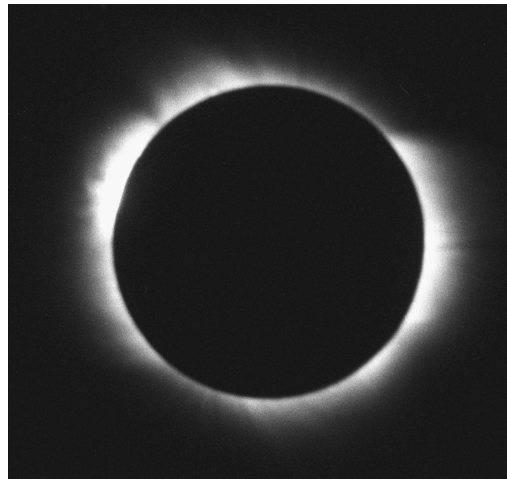
Pozoprovacie prístroje pre experiment č. 2 boli umiestnené v bezprostrednej blízkosti pozorovacích prístrojov experimentu č. 1.

POZOROVANIE A PREDBEŽNÉ VÝSLEDKY.

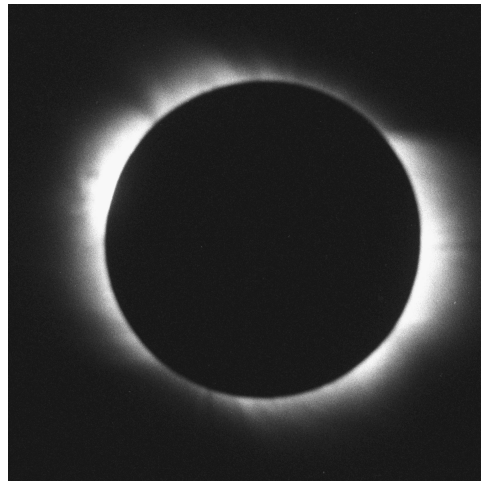
Experiment č. 1: Bola získaná séria 3 snímok zelenej polarizovanej koróny pre 3 natočenia polarizačného filtra s expozičným časom 20s.

Snímka	UT h : m : s	Expozícia	Poloha polarizátora
Obr. 7a	10:55:10	20 s	0°
Obr. 7b	10:55:40	20 s	60°
Obr. 7c	10:56:13	20 s	120°

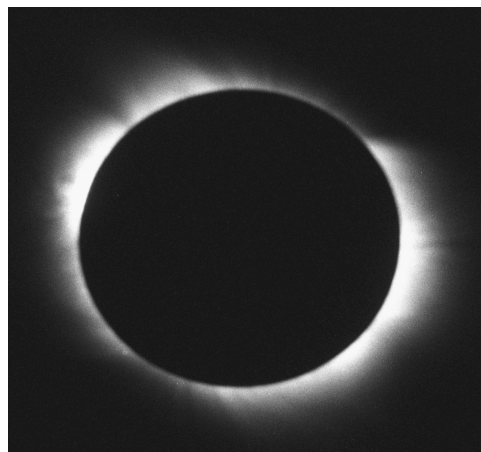
Fotografický negatívny materiál bol spracovaný vo vývojke Ilford Microphen a ustálený v kyslom ustalovači. Vyvolaný negatív bol digitalizovaný na skeneri Super Coolscan 4000 ED; zatiaľ v základnom režime a získané snímky sú uvedené ako (obr. 7a, 7b, 7c).



Obr. 7a



Obr. 7b



Obr. 7c

Experiment č. 2: Počas zatmenia bola urobená séria expozícií s červeným a modrým filtrom s expozičnými časmi 0,5 s, 0,8s a 1,1 s (viď tabuľka).

Č.	UT	Expozícia	Filter
1.	10:55:03	0,5	modrý
2.	10:55:20	0,5	červený
3.	10:55:32	0,5	červený
4.	10:55:48	0,8	modrý
5.	10:56:53	1,1	modrý
6.	10:57:10	0,5	červený
7.	10:57:22	0,8	červený
8.	10:57:38	0,8	modrý
9.	10:58:08	1,1	modrý

Nižšie sú uvedené ukážky slnečnej koróny nasnímanej cez modrý a červený filter s exp. časom 0,8 s (obr. 8 a obr. 9).



Obr. 8 Slnečná koróna v čase UT: 10:57:22 cez červený filter, exp. 0,8 s.



Obr. 9 Slnečná koróna v čase UT 10:57:38 cez modrý filter, exp. 0,8 s.

Z uvedených snímok koróny sa zdá, že jasnejšie žiarila slnečná koróna v červenej oblasti spektra ako v modrej oblasti.

ZÁVER

Fotografický materiál zelenej polarizovanej koróny bude ešte raz zoskenovaný s maximálnym možným priestorovým rozlíšením a maximálnou možnou hĺbkou sčernania (14 bit).

Získané matice údajov budú slúžiť ako podklad na určenie veľkosti intenzity polarizovanej zelenej koróny a stupňa polarizácie (Sýkora a Mogilevskij, 1977; Kulijanishvili a Kapanadze, 2005).

Zisťovanie pomerného zastúpenia neutrálnej a ionizovanej hmoty bude predmetom ďalšieho spracovania jednotlivých snímok a výsledky budú publikované neskôr.

LITERATÚRA

- Badalyan O.G.: 2002, Some comments on the direction of polarization in the coronal green line, in *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso* 32, 39-48.
- Dorotovič I, Lukáč B., Rybanský M. and Minarovjeh M.: 1996, „The Indication of Neutral Hydrogen in the Solar Corona“, in *Theoretical and Observational Problems related to Solar Eclipses*, ed. Z. Mouradian, M. Stavinschi, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 494, 189.
- Dorotovič I, and Rybanský M.: 1997, *Solar Physics*, 172, 207.
- Dorotovič I., Lukáč B., Minarovjeh M. a Rybanský M.: 1998, „Attempts to Determine the Colour of Solar Corona during the 1994, 1995 & 1997 Eclipses“, in *Solar Jets and Coronal Plumes*, ed. T.-D. Guyenne, ESA SP-421, 263.
- Kulijanishvili V.I. a Kapanadze N.G.: 2005, *Solar Physics* 229, 45-62
- Lukáč B., Minarovjeh M., Rybanský M.: 1995, in *Proceeding of the Int. Symp. on the Total Eclipse of November 3, 1994*. Acad. Nac. Bolivia 69, La Paz, 111.
- Lukáč B., Minarovjeh M., Rybanský M.: 2002, „An attempt to determine the colour of the solar corona during the solar eclipse on 2001 June 21 (preliminary results)“, in *Proceedings of The 10th European Solar Physics Meeting, Solar Variability: From Core to Outer Frontiers*, Prague, Czech Republic, ESA SP-506, 685.
- Sýkora J. a Mogilevskij E.I.: 1977, *BAC* 28, N 1, 1-21.