

Pokus o určenie farby slnečnej koróny počas úplného zatmenia Slnka 21. júna 2001 (Predbežné výsledky)

B. Lukáč, SÚH Hurbanovo, lukac@suh.sk

M. Minarovjech a M. Rybanský, Astronomický ústav, Slovenskej akadémie vied, 059 60 Tatranská Lomnica, milanmin@ta3.sk, rybansky@ta3.sk

Abstrakt

V príspevku je opísaný pokus o určenie farby koróny pri zatmení Slnka 21. júna 2001 pomocou sústavy farebných filtrov, teleobjektívu 300 mm a CCD kamery. Výraznou prekážkou pre uplatnenie tejto metódy v budúcnosti je rozptyl svetla, tak v prístroji, ako aj v samotnom CCD.

1. ÚVOD

Farba je jedným zo základných parametrov charakterizujúcich fyzikálny stav hmoty v koróne. Spektrum vnútornej koróny je spojité, bez absorpčných čiar a na toto kontinuum sa nakladajú emisné čiary, pôvod ktorých bol do roku 1942 nejasný. Prakticky od roku 1860 sa vie, že svetlo koróny je polarizované (Mitchell 1924). Z toho vyplýva, že podstatná jeho časť vzniká rozptylom svetla fotosféry na hmote koróny. A práve farba koróny mohla napovedať na čom sa svetlo rozptyľuje. Pretože farba koróny sa iba málo líši od farby fotosféry, dlho nebolo jasné o akú hmotu ide. Ešte v roku 1924 Anderson (1924) tvrdil, že rozptyl spôsobuje kozmický prach, existujúci v koróne v pevnom, alebo v kvapalnom skupenstve. Až Minnaert (1930) rozpracoval hypotézu, že pozorované rozdelenie energie v spektre koróny sa dá vysvetliť prítomnosťou voľných elektrónov. Tento názor však bol prijatý až po roku 1942, keď boli identifikované emisné čiary koróny ako žiarenie mnohokrát ionizovaných atómov, ktoré môžu vznikáť pri teplotách, keď už je vodík takmer úplne ionizovaný a rozptyl svetla fotosféry na voľných elektrónoch, ktoré sa pri ionizácii uvoľnili, je zdrojom svetla koróny. Ak je to tak, potom farba koróny, až na nepatrný vplyv okrajového stemnenia (Dorotovič and Rybanský, 1997), by mala byť rovnaká, ako farba svetla fotosféry.

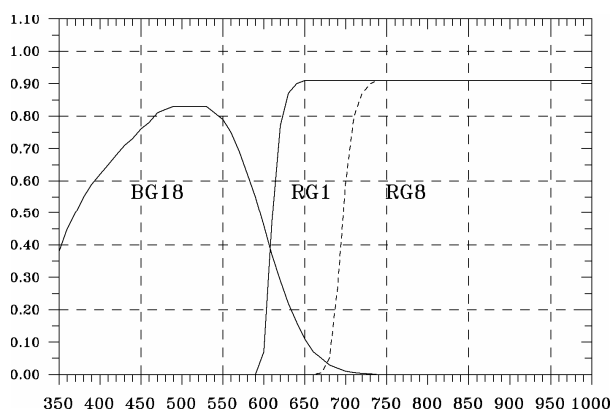
Farbu koróny v minulosti určovali ako astrofyzikálny prostriedok na určenie teploty z rozdelenia energie v spektre. Prehľad o týchto meraniach uvádza vo svojej monografii Šklovskij (Šklovskij, 1962) Podľa nich by teplota koróny mala byť v rozmedzí od 3500 do 4800 K. Keď z iných pozorovaní odvodili úplne rozdielnu teplotu, konzistentnú aj s inými skutočnosťami, poklesol aj záujem o merania farby koróny. Nás priviedol k týmto meraniam problém ohrevu hmoty koróny na teplotu rádovo 10^6 K. Zo všetkých hypotéz o mechanizme

ohrevu sa nám najpriateľnejšia zdá hypotéza ohrevu elektrickým výbojom. Nakoniec aj Edlén (1942) získal laboratórne ióny s vysokým ionizačným potenciálom pomocou výboja. Hlavnou námietkou proti tejto hypotéze je vysoká vodivosť takmer úplne ionizovanej plazmy v koróne, ktorá prekáža oddeleniu náboja potrebného k výboju. Pomocou farby sme chceli zistiť, či je v koróne prítomná aj neutrálna hmota, čo by sa prejavilo jej modrou farbou a jej prítomnosť radikálne znižuje vodivosť plazmy.

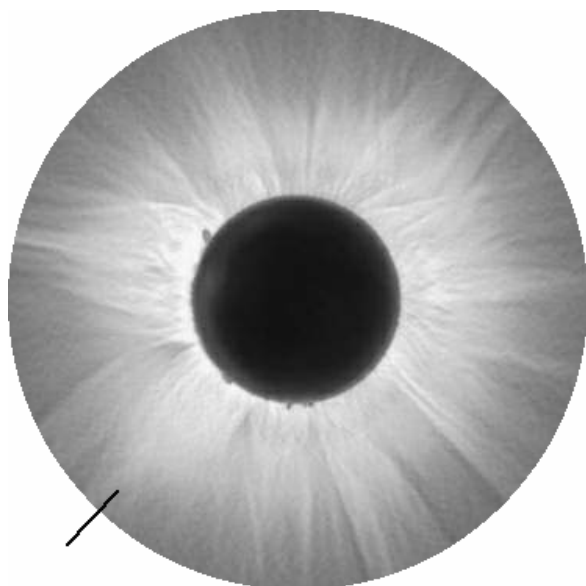
Prvý pokus, ba skôr akýsi test sme urobili pri zatmení v roku 1994 (Lukáč et al., 1995; Dorotovič a kol., 1996). Na určenie farby sme použili spektrograf s malou disperziou a CCD kameru. Ukázalo sa, že naše očakávania presnosti merania pomocou komerčných CCD kamier boli značne prehnané. Je porovnateľná s presnosťou fotografickej fotometrie a nie o rád lepšia, ako sme pôvodne očakávali. Ako ukázali Dorotovič a Rybanský (1997) ak by bolo zastúpenie ionizovanej a neutrálnej hmoty v koróne v pomere až 1:1, jej farba (pomer intenzity v modrej a červenej oblasti spektra) by sa zmenila o menej, ako 1 %, oproti úplne ionizovanej koróne. V zdokonalenej forme sme pokusy opakovali pri zatmeniach v rokoch 1995, 1997 a 1998 (Dorotovič et al., 1998). Výsledky však neboli jednoznačné. Pri týchto pokusoch sme však zistili, že aj vysoko v koróne existuje slabé žiarenie jednak v čiare H_{α} a jednak v emisných čiarach. Aj táto skutočnosť, ak by sa potvrdila, znamenala by dôkaz prítomnosti neutrálnej hmoty. So zámerom pokúsiť sa dokázať prítomnosť žiarenia neutrálneho vodíka v koróne sme pripravovali pozorovanie koróny pri zatmení 21. júna 2001.

2. MIESTO, PRÍSTROJE A POZOROVANIE

Pozorovacie miesto bolo v areáli Naftárskeho Inštitútu v blízkosti mesta Sumbe v Angole. Geografické súradnice $11^{\circ} 07' 29''$ južnej zem. šírky a $13^{\circ} 55' 52''$



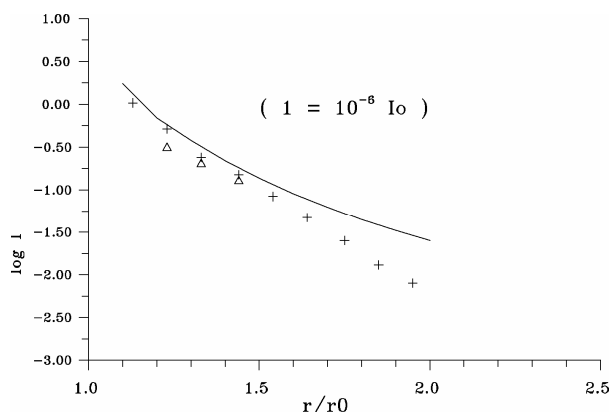
Obr. 1. Charakteristiky "Schottových" filtrov použitých na fotografovanie slnečnej koróny počas úplného zatmenia 21. júna 2001.



Obr.2. Štruktúra koróny počas úplného zatmenia 21. júna 2001 vo vzdialenostiach medzi 1,1 a 2,8 slnečných polomerov. Plná čiarka v pozičnom uhle 140° , indikuje koronálny strémer použitý na kalibráciu.

by potom malo byť možné určiť oblasti svietenia tejto čiary a z pomerov intenzít v rôznych farbách určiť aspoň relatívne zmeny vo farbe.

Počas zatmenia sa urobili štyri expozície slnečnej koróny postupne dve s červeným filtrom, jedna s modrým a jedna bez filtra. Expozície boli urobené v nasledujúcich časoch (UT): 12:36:46, 12:38:16, 12:39:30 a 12:40:45. Na obr.2 je ukázaná štruktúra slnečnej koróny.



Obr. 3. Fotometrické profily v pozičnom uhle 140° , kde plná čiara je tabuľkový profil, + označuje výsledky fotografickej fotometrie a Δ sú hodnoty zo zaznamenaného obrázka.

3. SPRACOVANIE NAPOZOROVANÉHO MATERIÁLU A PREDBEŽNÉ VÝSLEDKY

Kalibrácia bola urobená pomocou výsledkov získaných z ďalšieho experimentu, fotografickej fotometrie K+F koróny. Obr. 3 ukazuje fotometrické profily v pozičnom uhle 140° kalibrované pomocou fotografickej fotometrie a profily použitím našich meraní v rovnakom mieste pri použití jednotlivých filtrov

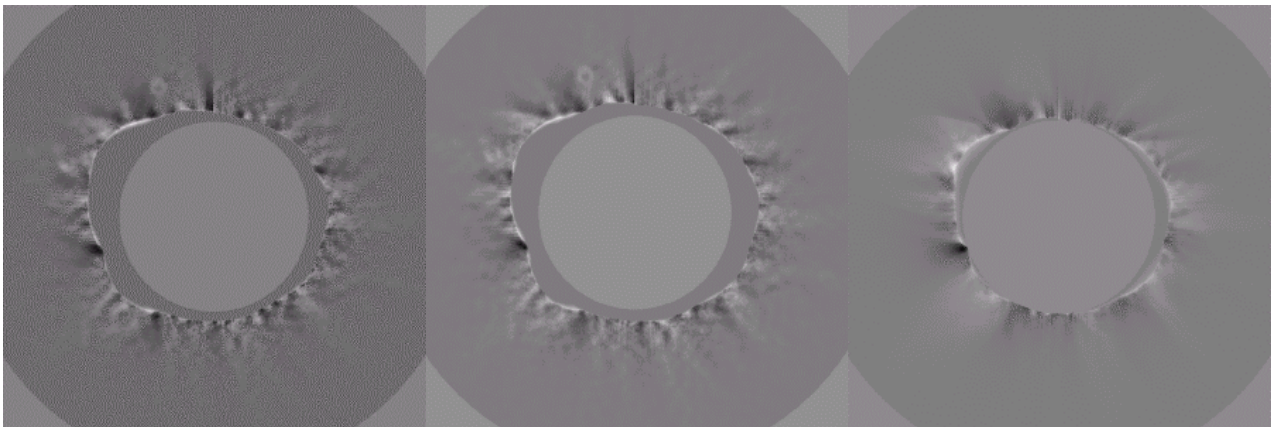
Tieto profily sa identifikovali vo vzdialenosti 1.95 slnečného polomeru. Môžeme vidieť, naše profily líšia od fotograficky kalibrovaných profilov. Charakter týchto rozdielov naznačuje, že môžu byť zapríčinené rozptylom svetla (najväčší rozdiel je, keď použijeme modrý filter, najmenší je, keď máme červený RG 8 filter). Perfektné spracovanie si vyžaduje poznať rozptylovú funkciu, ktorú my zamýšľame určiť na základe fotografickej fotometrie.

Stred slnečného disku sa určil pre každý jeden záber osobitne. Pravouhlé súradnice sa transformovali do polárnych v ktorých sme určovali jednotlivé pixle. Odpovedajúce intenzity sa určili pre každý filter. Na obr. 4 sú ukázané výsledné intenzity.

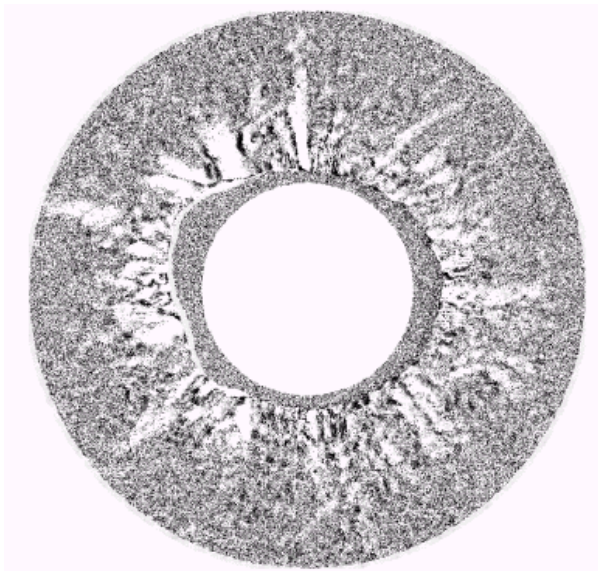
Obr. 5a ukazuje pomer intenzít, ktoré sa získali cez filter RG 2 a BG 18 Pomer intenzít cez filtre BG18 a RG2 redukovaný na jednotku čo je vlastne akási relatívna farba a (b) rozdiel intenzít cez filter RG2 a RG8. Je možné, že tmavšie miesta sú miesta výskytu žiarenia čiary H α v koróne.

Podakovanie

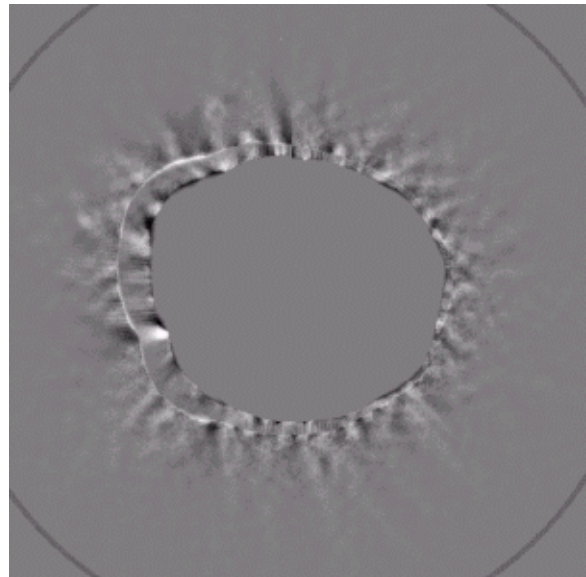
Expedícia za zatmením Slnka bola podporená Ministerstvom kultúry SR. Pre obr. 2 bola použitá fotografia, ktorú láskavo poskytol Dr. H. Fukushima. B. L. ďakuje Hvezdárni v Rimavskej Sobote za zapožičanie CCD kamery ST8.



Obr. 4. Intenzity koróny zaznamenané s filtrami RG2 (a) RG8 (b) a BG18 (c).



(a)



(b)

Obr. 5. (a) Pomer intenzít cez filtre BG18 a RG2 redukovaný na jednotku čo je vlastne akási relatívna farba a (b) rozdiel intenzít cez filter RG2 a RG8. Je možné, že tmavšie miesta sú miesta výskytu žiarenia čiary $H\alpha$ koróny.

LITERATÚRA

Anderson, J.A.: 1924, Z. f. Phys. **28**, 299

Dorotovič I. and Rybanský M.: 1997, *Solar Phys.*, **172**, 207

Dorotovič, I., Lukáč, B., Rybanský, M. a Minarovjech, M.: „The Indication of Neutral Hydrogen in the Solar Corona“, 1996 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., Lukáč B., Minarovjech M. a Rybanský M.: „Attempts to Determine the Colour of Solar Co-

rona during the 1994, 1995 & 1997 Eclipses“, 1998 in *Solar Jets and Coronal Plumes*, ed. T.-D. Guyenne, ESA SP-**421**, 263.

Edlén, B.: 1942, Z. f. Astrophys., **22**, 30

Lukáč, B., Minarovjech, M., Rybanský, M.: (1995), in *Proceeding of the Int.Symp. on the Total Solar Eclipse of November 3, 1994*. Acad. Nac. Bolivia 69, La Paz, 111

Minnaert M.: 1930, Z. f. Astrophys. **1**, 209

Mitchell, S.A.: 1924, *Eclipses of the Sun*, 349

Šklovskij, I. S.: 1962, *Fizika solnechnoy korony*, Moskva.