

Vojtech Rušin

Slnčná koróna a úplné zatmenie Slnka v roku 2001

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 46 (2001), No. 4, 334--337

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141100>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2001

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

*Prof. V. Valvoda:* Budoucí zaměření rentgenografické laboratoře na katedře fyziky elektronových struktur Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze bude do značné míry určeno požadavky pedagogickými a jistě ovlivněno i úzkou spoluprací v rámci katedry při studiu vlivu elektronové a atomové struktury látek na fyzikální vlastnosti. Studium struktury polykrystalických forem intermetalik, magnetik, polovodičů a mnoha dalších materiálů včetně kapalných krystalů a polymerů bude náplní naší práce v příštích letech, spolu s hlavní orientací na tenké vrstvy, multivrstvy a povrchové struktury. Naše katedra je též koordinátorem a zástupcem České republiky při podávání projektů pro výzkum struktury a vlastností látek pomocí rozptylu a difrakce neutronů ve významném středisku evropské vědy — v Institutu Laueho a Langevina v Grenoblu. Tento zdroj záření se výrazně uplatní při budoucím studiu elektronové a magnetické struktury látek na našem pracovišti. Za obzvlášť významné pokládáme úzké spojení strukturního výzkumu s dalším fyzikálním studiem vlastností látek, neboť jedině tak nacházejí poznatky o struktuře látek plné uplatnění a jedině tak je možné zajistit další přirozenou inspiraci a organický rozvoj krystalografie v budoucnu.

## Slnčná koróna a úplné zatmenie Slnka v roku 2001

*Vojtech Rušin, Tatranská Lomnica*

Nie je známe, aký bol záujem zo strany vedeckých kapacít o jemné, bielomodré popolavé svetlo, ktoré je pozorovateľné počas dňa okolo tmavého mesačného disku pri „úplnom zatmení Slnka“. Keď Kepler po pozorovaní tohoto zriedkavého prírodného úkazu (štatisticky úplné zatmenie Slnka na to isté miesto zemského povrchu pripadá raz za 400 rokov) v roku 1605, 12. októbra, prehlásil, že toto popolavé svetlo je atmosférou Mesiaca, záujem o jeho vlastností vôbec nevzrástol. Skôr naopak. Úplné zatmenia Slnka, tak ako predtým, sa pozorovali len pre spresnenie parametrov pohybu Mesiaca okolo Zeme.

Obrat nastal po úplnom zatmení Slnka v roku 1860, keď Warren de la Rue a A. Secchi 18. júla pozorovali úplné zatmenie Slnka z poverenia pápeža Pia VI., aby overili podstatu popolavého svetla, ktoré medzitým dostalo meno **koróna**. Vedci po pozorovaní prehlásili, že „koróna a načervenalé protuberancie sú súčasťou Slnka“. Nastal tak zásadný obrat vo výskume slnečnej koróny, ktorý zo Zeme počas úplných zatmení Slnka, pomocou koronografov (umelej imitácie zatmenia) a špeciálnych prístrojov na družiciach (YOHKOH, SoHO a TRACE) trvá doposiaľ.

---

RNDr. VOJTECH RUŠIN, DrSc. (1942), Astronomický ústav SAV, 059 60 Tatranská Lomnica, Slovensko

Po mnohých peripetiách vo výskume slnečnej koróny (napr. otázka hypotetického prvku „korónium“) dnes môžeme povedať, že koróna je najvyššia zložka slnečnej atmosféry, ktorá vo forme slnečného vetra — neustáleho toku častíc, prevážne elektrónov a protónov, ktoré z nej vytekajú rýchlosťami 200–800 km/s — pokračuje ďaleko za obežnú dráhu našej Zeme. Zem sa vlastne nachádza v slnečnej koróne. Teplota koróny je až 5 miliónov K, a zvykneme ju tiež definovať ako „takmer dokonalé ionizované plazmu“. To slovíčko „dokonalé“ je vlastne dané tým, že aj napriek všeobecne vysokej teplote, mohli by v koróne existovať oblasti, kde by sa mohla nachádzať i v blízkosti povrchu Slnka neutrálna hmota. Štruktúra koróny je mimoriadne zložitá a komplikovaná: jednotlivé útvary sa menia od veľmi tenkých rozmerov, 400 km, po veľké prilbicovité lúče, ktoré v základe dosahujú šírku i viac ako 100 tisíc kilometrov a siahajú do niekoľko polomerov Slnka. Štruktúra koróny sa mení s fázou cyklu slnečnej aktivity, podobne ako aj rozloženie prilbicovitých lúčov okolo slnečného okraja, čo súvisí s rozložením magnetických polí na povrchu Slnka, ktoré sú zodpovedné za jej štruktúru, hustotu a teplotu. Hustota častíc v slnečnej koróne je v rozmedzí  $10^7$  až  $10^{11}$  cm<sup>-3</sup>. Družicové pozorovania ukázali, že z koróny takmer denné okrem slnečného vetra unikajú do heliosféry obrovské masy hmoty ( $10^{12}$  až  $10^{13}$  kg), pomenované „ejekcia koronálnej hmoty“. Koróna sa skladá z 5 zložiek:

- K-koróna (koróna spojitého spektra), ktorej svetlo vzniká rozptylom žiarenia fotosféry na voľných elektrónoch. Je značne polarizovaná. Nepozorujú sa v nej absorpčné čiary a s fázou cyklu jej svietivosť sa mení asi v pomere 1 : 3 medzi minimom a maximom.
- F-koróna (Fraunhoferova koróna), jej svetlo vzniká rozptylom žiarenia fotosféry na prachových časticiach, ktoré sa nachádzajú v heliosfére (pokračovaním F-koróny je zvieratníkové svetlo). Pozorujú sa v nej absorpčné čiary, podobne ako v spektre Slnka. Svetlo F-koróny nie je polarizované a s fázou cyklu slnečnej aktivity takmer nemenné. Svetlo F-koróny od K-koróny bolo separované až v roku 1948. Pre obe zložky sa často používa názov **biela koróna**.
- E-koróna (emisná koróna). Je to vlastné svetlo koróny, ktoré vysielajú vysokoionizované prvky železa, napr. Fe XIV, Fe X, vápnika (Ca XV), kyslíka a pod. V spektrálnej oblasti 300 až 3000 nm sa pozoruje 91 emisných čiar, z nich 31 bolo pozorovaných viac ak 2 razy. Najznámejšou emisnou spektrálnou čiarou vo vizuálnej oblasti spektra je čiara Fe XIV, 530,3 nm, známa tiež pod meno zelená koronálna čiara. Po prvý raz sa pozorovala pri zatmení v roku 1869, a do roku 1942 sa predpokladalo, že patrí hypotetickému prvku „coronium“. Veľmi mnoho emisných čiar koróny sa nachádza v ultrafialovej a roentgenovej oblasti spektra, ktoré sú prístupné pozorovaniam len z družíc. Emisné čiary vo vizuálnej oblasti sú prístupné pozorovaniam pomocou koronografov z vysokohorských observatórií, napr. u nás na Lomnickom štíte.
- T-koróna (termálna koróna). Žiarenie by malo vznikáť reemisiou žiarenia fotosféry na prachových časticiach v slnečnej koróne vo vzdialenosti 4 až 5 polomerov Slnka, a prejavuje sa ako nadbytok emisie vo vlnových oblastiach 2 až 5 mikrometrov. Výsledky pozorovaní sú dosť nejednoznačné a často protichodné.

- S-koróna (sublimačná koróna). Svetlo koróny, ktoré pri vlnovej dĺžke okolo K a H čiar sa pozoruje ako emisia, ktorá vzniká v dôsledku sublimácie prachových častíc (na molekuly a ióny) medziplanetárnej látky vo vzdialenostiach 5 až 20 polomerov Slnka. Objav oznámil Gulyaev a Shcheglov [3] na základe pozorovaní pri zatmení Slnka v roku 1998.

Zdalo by sa, že všetky otázky slnečnej koróny sú vyriešené. Pravda je však taká, že síce o koróne veľa vieme (teplota, hustota, štruktúra, dynamika, existencia slnečného vetra apod.) — detaily môžeme nájsť, napr. v [1] a [2], ale opak je pravdou. K najaktuálnejším otázkam vo výskume koróny patria:

- mechanizmus ohrevu koróny
- dopĺňovanie hmoty koróny z povrchu Slnka
- určenie veľkosti magnetického poľa v koróne
- mechanizmus uvoľňovania ejekcií koronálnej hmoty a častíc slnečného vetra
- mechanizmus vzniku koronálnych štruktúr, ich vývoj v priebehu cyklu aktivity a súvislosť medzi jednotlivými zložkami koróny
- existencia neutrálnej hmoty v koróne a pod.

Ako sme uviedli vyššie, koróna je integrálnou súčasťou Slnka, a preto jej výskum je dôležitý z troch dôvodov: (1) pre výskum Slnka ako hviezdy, (2) pre štúdium zákonov magnetohydrodynamiky, a (3) pre štúdium vplyvu Slnka a jeho aktivity na heliosféru, vrátane našej Zeme a života na nej. Popri výskume koróny z družíc (roentgenová, biela koróna a emisná koróna) a pozemských mimozatmeňových pozorovaní (emisná a pB-koróna), svoje nezastupiteľné miesto majú aj pozorovania všetkých zložiek koróny (okrem UV, EUV a rtg. koróny) počas úplných zatmení Slnka, napr. štúdium oscilácií v koróne, fotometria, polarizácia a štruktúra bielej koróny pod 2 polomery Slnka (táto oblasť koróny nie je z družíc vôbec pozorovaná), štúdium magnetického poľa na základe rozštetu spektrálnych čiar v ďalekej infračervenej oblasti spektra (napr. 3,93 mikrometra) a pod. I keď sú pozorovania počas zatmení zriedkavé (je to dané výnimočnosťou existencie zatmení), majú dlhodobý charakter, čo umožňuje študovať mnohé parametre koróny v dlhodobej časovej škále.

Vyššie uvedené dôvody, ako aj skutočnosť, že koronálna stanica Astronomického ústavu (AsÚ) SAV na Lomnickom štíte pozoruje emisnú korónu pomimo zatmení už od roku 1965, AsÚ SAV od roku 1954 vysiela svoje expedície na pozorovanie koróny na rôzne miesta zemského povrchu. Tak tomu bolo aj v roku 2001, keď 2 členná expedícia Ústavu (okrem autora článku sa expedície zúčastnil Peter Zimmermann, bola to už ich 12. expedícia) išla pozorovať bielu korónu do Zambie, ktoré nastalo 21. júna. Pozorovanie stanovisko bolo v Youth Africa Centre v Lusake (v blízkosti University of Zambia), kde sa nachádzala aj veľká expedícia z USA, ďalej expedície z Anglicka a Venezuely. Program expedície bol zameraný na fotometriu a štruktúru bielej koróny do 5 polomerov Slnka. Základným prístrojom bol 10 cm ďalekohľad s ohniskom 1 m, v ohnisku ktorého bol farebný film FUJI Reala 100 (6 × 6 cm). Doplnkovým experimentom bol 50 cm teleobjektív, ktorý taktiež využíval na registráciu farebný film KODAK PJ 100. Priebeh zatmenia sa registroval digitálnou kamerou PANASONIC NV-DS38EG. Ziskal

sa veľmi kvalitný materiál, ktorý bude podrobený dôkladnej analýze. Na základe predbežných meraní môžeme konštatovať, že biela koróna bola typu maxima, s množstvom veľkoškálových lúčov takmer rovnomerne rozložených okolo celého slnečného limbu, čo je miernym prekvapením. Skôr sa očakávala koróna mierne asymetrická, pretože sme po maxime slnečnej aktivity v cykle 23 rokov. V tesnej blízkosti Slnka sa nachádzajú veľmi jemné slučkovité štruktúry, adekvátne počtu aktívnych oblastí vo fotosfére.

Samotné zatmenie Slnka 21. júna 2001 patrilo do série zatmení SAROS 127, ako jeho 37. úplné zatmenie Slnka [4]. Začalo ráno pri východe Slnka neďaleko brehov Južnej Ameriky a končilo pri západe Slnka v Indickom oceáne. Maximálna fáza zatmenia, 4 min 56 s, nastala nad Atlantickým oceánom. Určitou kuriozitou bolo, že v Atlantickom oceáne pás totality neprechádzal nijakým ostrovom. Po africkom kontinente pás totality prechádzal cez Angolu, Zambiu, Zimbabwe a Mozambik. Potom prešiel južnou časťou ostrova Madagaskar. Väčšina zahraničných expedícií počas zatmenia bola koncentrovaná v Zambii, kde bola vcelku dobrá politická klíma, aj príjemné hostiteľské podmienky voči susedným krajinám, doplnené vysokou pravdepodobnosťou pekného počasia. To sa naozaj splnilo na 100 percent, a obloha počas zatmenia bola mimoriadne dobrej kvality.

Expedícia bola financovaná len sponzormi (I.D.C. Holding Bratislava, Mestský úrad Vysoké Tatry, MATADOR Púchov, Air Transport Europe, a. s., Poprad, VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava, TATRAKON, a. s., Poprad, Podtatranská hydina, a. s., Kežmarok, PANASONIC Slovakia, s. r. o., Bratislava, Silicon Reality, a. s., Bratislava), za čo by som im chcel aj touto cestou poďakovať.



Obr.1. Biela koróna pozorovaná 21. júna 2001 v Zambii (digitálna kamera).

#### L i t e r a t ú r a

- [1] RUŠIN, V., RYBANSKÝ, M.: *Slnečná koróna*. VEDA, Bratislava 1990.
- [2] GOLUB, L., PASACHOFF, J.: *The Solar Corona*. New York: Cambridge 1997.
- [3] GULYAEV, R. A., SHCHEGLOV, P. V.: *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 28* (1999), 237.
- [4] ESPENAK, F., ANDERSON, J.: *Total Solar Eclipse of 2001 June 21*. NASA/TP-1999-209484, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MA 20771, USA 1999.