

Određivanje koeficijenta atmosferske ekstinkcije

Atmosferska ekstinkcija predstavlja apsorpciju i rasejanje svetlosti koja prolazi kroz atmosferu. Za određivanje koeficijenta ekstinkcije korišćen je Burgerov metod, koji se oslanja na linearnu promenu magnituda zvezde sa povećanjem zenitne daljine. Pošto koeficijent ekstinkcije zavisi od talasne dužine, merenja su vršena u BVRI sistemu filtera talasnih dužina 450, 531, 641 i 791 nm, dobijene su respektivno vrednosti od 0.39, 0.31, 0.19 i 0.15 magnituda po jediničnoj debljini atmosfere za talasne dužine koje odgovaraju B, V, R i I filteru.

Uvod

Zračenje koje dolazi sa nekoga nebeskog tela apsorbuju ili raseju čestice Zemljine atmosfere, tako da se na Zemlji detektuje manja količina zračenja od one koja ulazi u atmosferu. Ova pojava se naziva atmosferskom ekstinkcijom. Ona se u različitoj meri manifestuje na različitim mestima na Zemlji zato što atmosfera nije homogena na svim delovima Zemlje. Uticaj ekstinkcije zavisi i od fizičkih uslova u atmosferi (vlažnosti, temperature, turbulentnih kretanja vazдушnih masa itd.), kao i od talasne dužine posmatranog zračenja. Koeficijent atmosferske ekstinkcije je vrednost čija se prava vrednost vidi pri koekkciji astronomskih posmatranja. Naime, kada na snimku za posmatrani objekat nema poredbenog, potrebno je izvršiti niz korekcija, među koje spada i koeficijent atmosferske ekstinkcije.

Teorijske osnove

Usled prividnog kretanja nebeske sfere zvezde tokom noći imaju različitu zenitnu daljinu, odnosno prolaze kroz različitu debljinu atmosfere pa se uticaj

ekstinkcije manifestuje u različitoj meri. Slabljenje zračenja pri prolasku kroz neki sloj atmosfere se može izraziti iz opšteg apsorpcionog zakona:

$$I = I_0 \cdot e^{-cd} \quad (1)$$

gde su: I – detektovani intenzitet zračenja na Zemlji; I_0 – intenzitet zračenja pre ulaska u atmosferu; c – koeficijent koji zavisi od sastava atmosfere; d – debljina atmosfere kroz koju zračenje prolazi

Logaritmovanjem Formule (1) dobijamo:

$$m = m_0 + k \cdot d \quad (2)$$

gde su: m – prividna magnituda objekta merena sa površine Zemlje; m_0 – prividna magnituda objekta merena van atmosfere; k – koeficijent atmosferske ekstinkcije

Da bi se izrazio put koji zračenje pređe kroz atmosferu koristi se aproksimacija da je Zemljina površina ravna, što važi za uglove veće od 15° , i on se računa po formuli (Cousins 1999):

$$d = \frac{1 \text{ debljina atmosfere}}{\cos z} \quad (3)$$

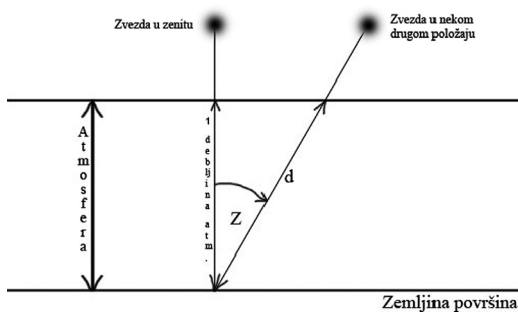
gde je (slika 1): z – zenitni ugao posmatranog objekta;

Iz formule (2) se vidi da je koeficijent pravca grafika zavisnosti posmatrane magnituda zvezde od predjenog puta zračenja kroz atmosferu upravo traženi koeficijent ekstinkcije izražen u magnitudama po jedinici debljine atmosfere. Fitovanjem grafika posmatrane linearne zavisnosti, dobija se koeficijent atmosferske ekstinkcije (Cousins, Caldwell 2001). Ovaj metod (Burgerov metod) se može koristiti samo u mestima sa stabilnom atmosferom što znači da tokom noći ne sme doći do naglih promena spoljašnjih uslova. Vrednost koeficijenta ekstinkcije je drugačija za različite talasne dužine. Funkcija zavisnosti koeficijenta od talasne dužine se može izraziti pomoću sledeće formule (Mikulášek *et al.* 2001):

Stefan Beriša (1991), Beograd, Antifašističke borbe 36/13, učenik 3. razreda Matematičke gimnazije u Beogradu

Mina Milošević (1990), Vrnjačka Banja, Heroja Maričića 86, učenica 3. razreda Gimnazije u Vrnjačkoj Banji

MENTOR: Ivan Milić, Valjevo, student astrofizike na Matematičkom fakultetu u Beogradu



Slika 1. Pređeni put zračenja nebeskog tela kroz Zemljinu atmosferu za dve različite zenitne daljine

Figure 1. Celestial body radiation path through the Earth's atmosphere for two different zenith distances

$$k_c = A \cdot \lambda_c^{-4} + B \cdot \lambda_c^{-\alpha} \quad (4)$$

gde je: A – parametar koji zavisi od Raylijevog rasejanja i ozonske apsorpcije i on je uvek konstantan; B – parametar koji zavisi od količine i sastava makromolekula u atmosferi i on je brzo promenljiv; α – spektralni parametar atmosferske ekstinkcije. Rejljevo rasejanje je efekat do kojeg dolazi usled elastičnih sudara elektromagnetnog zračenja i materije, u ovom slučaju molekula u atmosferi. Kada se zanemare trenutni klimatski faktori može se smatrati da je tada konstantna gustina molekula, odakle proizilazi da za iste nadmorske visine količina apsorbovanog fluksa zračenja ista po jedinici debljine atmosfere (Mikulášek *et al.* 2001). Fitovanjem grafika zavisnosti koeficijenta ekstinkcije od talasne dužine funkcijom (4) uz poznavanje koeficijenata A i B može se odrediti α , koeficijent koji nam govori o trenutnoj količini makro molekula u atmosferi.

Materijal i metode

Zvezda je izabrana tako da se maksimum njene krive sjaja nalazi upravo u vidljivom delu spektra, odnosno da je intenzitet zračenja isti celom dužinom posmatranog dela spektra. Drugi uslov odabira bio je da zvezda tokom noći menja što više visinu. Za posmatranje je odbrana zvezda sa kataloškim imenom HP 89474 (Hiparkos katalog) čije su ekvatorijalne koordinate za epohu 2000.0: $\alpha = 18^{\text{h}}15^{\text{m}}32^{\text{s}}$ $\delta = +45^{\circ}12'.6$. Snimanje je obavljeno u noći 14/15. avgusta 2008. godine. Korišćen je teleskop Meade 178ED APo koji se nalazi na Paramount ME Robotic Telescope System montaži. Fotografije su pravljene pomoću SBIG ST-8 CCD kamere koja ima ugrađen CFW8A filter wheel koji ima BVRI sistem filtera. Napravljeno je 9 puta po 5 slika za sva četiri filtera, a zatim su paketi od po 5 slika bili usrednjeni u jednu sliku. Talasne dužine koje B, V, R i I filter propušta su redom u granicama između 392 i 508, 488 i 574, 612 i 670, 712 i 1196 nm. Za dobijanje koeficijenta atmosferske ekstinkcije korišćen je Bugerov metod. Iz rada Mikulašeka (2001) je preuzeta konstantna vrednost udela Rejljevog rasejanja u koeficijentu za nadmorsku visinu na kojoj se nalazi IS Petnica. Radi lakše diskusije formula (4) se može i napisati na sledeći način:

$$X_c = B \cdot \lambda^\alpha = k_c - A \cdot \lambda^{-4} \quad (5)$$

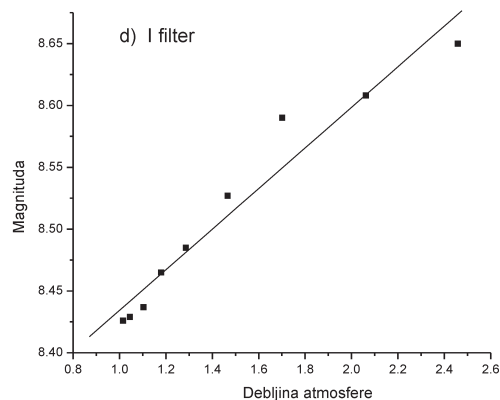
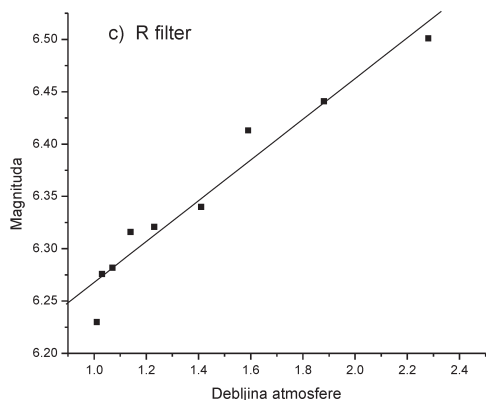
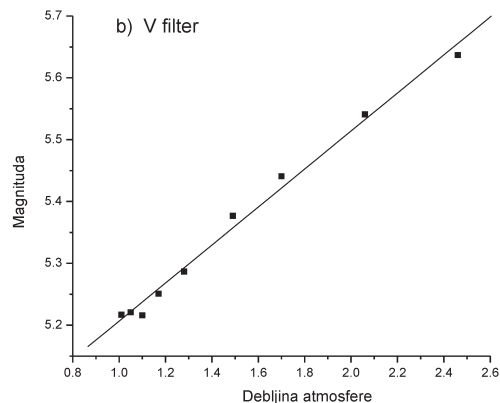
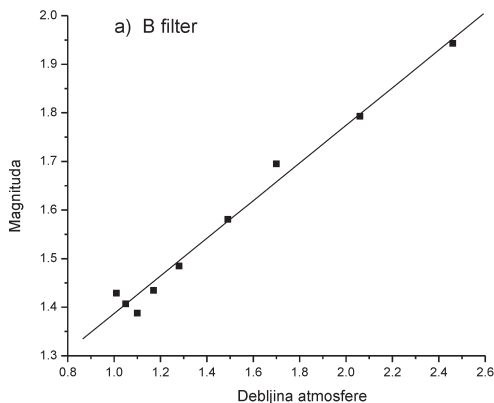
Rezultati

Rezultati su dati u tabeli 1, dok su na graficima na slici 2 prikazane zavisnosti magnitude od jedinične debljine atmosfere po filterima B, V, R i I.

Vrednosti za koeficijente ekstinkcije dobijene metodom najmanjih kvadrata za podatke po svim korišćenim filterima (K_c), vrednosti dela tih koeficijenata nastala usled Rejljevog rasejanja (R_c), kao i

Tabela 1. Dobijeni parametri ekstinkcije

Filter	λ [nm]	K_c	R_c	X_c
B	450	0.39 ± 0.02	0.26	0.13
V	531	0.31 ± 0.02	0.13	0.18
R	641	0.19 ± 0.01	0.06	0.13
I	791	0.15 ± 0.02	0.04	0.11



Slika 2. Zavisnost magnituda od debljine atmosfere za: B filter (a), V filter (b), R filter (c) i I filter (d)

Figure 2. Magnitude dependance on atmosphere thickness for: B filter (a), V filter (b), R filter (c) and I filter (d)

njihova razlika, odnosno varijabilni deo koeficijenta ekstinkcije (X_c) dati su u tabeli 1.

Zaključak

Izračunati koeficijenti, navedeni u tabeli 1, su slični koeficijentima računatim na češkoj opservatoriji Brno (slična geografska širina, pretpostavljene su slične karakteristike atmosfere) (Mikulášek *et al.* 2003), što je jedini približni pokazatelj tačnosti istih. Jedan od mogućih razloga zbog koje je došlo do grešaka u određivanju ekstinkcije je usrednjavanje blokova od po 5 slika. Naime, razmak između snimanja dve slike je 3 minuta, što za 5 slika daje 12

minuta, a to je dovoljan vremenski interval da se zenitni ugao zvezde promeni za 3° , što na većim vrednostima zenitnog ugla može napraviti značajnu grešku u određivanju pređenog puta kroz atmosferu.

Sa grafikâ na slici 2 se može videti da prve tri vrednosti odskaku od ostalih što nam sugeriše da je greška za dobijenu vrednost ekstinkcije mogla nastati i zbog toga. Pretpostavlja se da te vrednosti odskaku od ostalih zato što je mesec u noći posmatranja bio pun i iznad horizonta za vreme ekspozicije, pa je svojim sjajem uticao na šum neba u predelu oko posmatrane zvezde i time povećao šum neba na tim slikama. Tokom obrade je sa slika upravo bio oduziman šum neba (kao i korekcija snimaka zbog nesa-

vršenosti CCD kamere) pa je mesečev sjaj davao povećanu vrednost što je i dovelo do odskakanja.

Da je posmatračka mesto idealno vrednost koeficijenta α bi iznosila -4 , odnosno jedino bi Rejljevo rasejanje uticalo na koeficijent atmosferske ekstinckije. Zbog greške pri određivanja koeficijenta α , koja je veća od 100%, lako je zaključiti da se pomoću te jedne vrednosti ne može učiniti mnogo osim da se primeti da u tabeli 1 vrednost X_c za V filter značajno odskake od ostalih, što sugerise na značajno postojanje čestica prašine u atmosferi. Ukoliko bi se izvršila posmatranja na višegodišnjem nivou mogli bi se napraviti i modeli same atmosfere, kao i modeli za koeficijente ekstinckije čija je tačnost dokazana u praksi.

Literatura

Cousins A.W. J. 1999. *Monthly Notes of the Astron. Soc. Southern Africa*, **58**: 41.

Cousins A. W. J., Caldwell J. A. R. 2001. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **323**: 380.

Mikulášek Z., Svoren J., Žižnovsky J. 2001. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnat Pleso*, **31** (2): 90.

Mikulášek Z., Svoren J., Žižnovsky J. 2003. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnat Pleso*, **33** (1): 21.

Stefan Beriša and Mina Milošević

Determination of Atmospheric Extinction Coefficient

Atmospheric extinction is manifested by absorption and scattering of light that passes through the atmosphere. For determining extinction coefficients BougersÆ method was used. The method relies on linear change of starsÆ magnitude over change of zenith angle. Since the extinction coefficient is different for different wavelength, the measurements were made in BVRI filter system for wavelengths of 450, 531, 641 and 791 nm, and the values of 0.39, 0.31, 0.19 i 0.15 magnitudes per airmass were gotten for B, V, R and I filter, respectively.

