

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO - MATEMATIČKI FAKULTET

Природно-математички факултет  
Радна заједница заједничких послова  
НОВИ САД

Примљено: 3. aug 1994			
Орг. јед.	Број	Година	Вредност
0603	9/153		

Grnja Jaroslav

MERENJE KOEFICIJENTA PROZRAČNOSTI  
ZEMLJINE ATMOSFERE NA TALASNIM  
DUŽINAMA 464 nm I 528 nm

Diplomski rad

Novi Sad, 1994.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 Interakcija zračenja sa materijom	2
1.2 Elementi teorije zvezdane fotometrije	3
1.3 Prozirnost zemljine atmosfere	6
1.4 Zakon Bouguera.	8
<b>2. APARATURA</b>	<b>10</b>
2.1 Fotoelektrični fotometar	10
2.1.1 Fotomultiplikator	11
2.1.2 Mikroskop sa preklopnim ogledalom	13
2.1.3 Dijafagma	13
2.1.4 Fabry sočivo	14
2.1.5 Filteri	14
2.1.6 Elektronske komponente fotometra	14
2.2 Fotometrijski sistemi	15
2.2.1 Johnson-Morganov UBV sistem	15
2.3 Određivanje instrumentalnih krivih osetljivosti	16
<b>3. METODE MERENJA PROPUSNOSTI ATMOSFERE</b>	<b>19</b>
3.1 Metoda Bouguerove prave	19
3.2 Metoda dve zvezde na različitim zenitnim rastojanjima	20
<b>4. REZULTATI I DISKUSIJA</b>	<b>21</b>
<b>5. ZAKLJUČAK</b>	<b>25</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>26</b>

## 1. UVOD

Ovaj rad je imao dva cilja.

Prvi je bio da se konstruiše fotoelektrični fotometar za zvezdanu fotometriju, izvrši snimanje njegove spektralne osjetljivosti kroz različite staklene filtere, odnosno da se nađe instrumentalni fotometrijski sistem koji bi najbolje odgovarao standardnom Johnson-Morganovom sistemu.

Drugi cilj rada je bio da se odrede ekstinkcioni koeficijenti, odnosno prozračnost zamljine atmosfere u odabranim spektralnim opsezima. Prozračnost atmosfere se stalno menja u toku vremena, a i u zavisnosti od lokaliteta fotometra. Dobijene vrednosti koeficijenta prozračnosti su upoređene sa vrednostima drugih posmatrača.

## 1.1 INTERAKCIJA ZRAČENJA SA MATERIJOM

Interakcija zračenja sa materijom se svodi na superpoziciju elementarnih procesa rasejanja (elastičnih i neelastičnih), apsorpcije i generisanja elektro-magnetnog zračenja. Prva dva procesa dovode do slabljenja zračenja [1].

Fluks zračenja frekvencije  $\nu$  koji prolazi kroz sloj materije biva oslabljen i zbog apsorpcije i zbog rasejanja. U slučaju optičkog zračenja ovo slabljenje se naziva *ekstinkcija*.

Interakcija fotona sa česticom koja ga rasejava ili apsorbira se karakteriše sa efikasnim presekom  $\sigma$ . On se može definisati kao odnos verovatnoće interakcije po jediničnom putu  $dW/dx$  i koncentracije čestica  $N$  sa kojima nastaje interakcija:

$$\sigma = \frac{1}{N} \frac{dW}{dx} \quad (1.1.1)$$

Efikasni presek zavisi od energije fotona i stanja čestica pre i posle interakcije.

Slabljenje zračenja može se okarakterisati i koeficijentom slabljenja intenziteta zračenja - apsorpcionim koeficijentom -  $\mu$ . On se može izraziti preko efikasnog preseka apsorpcije  $\sigma_a$  i efikasnog preseka rasejanja  $\sigma_r$ :

$$\mu = N(\sigma_a + \sigma_r) \quad (1.1.2)$$

ili ako zračenje interaguje sa različitim vrstama čestica sa koncentracijama  $N_i$  u vidu:

$$\mu = \sum_i N_i (\sigma_a^i + \sigma_r^i) \quad (1.1.3)$$

gde su  $\sigma_a^i$  i  $\sigma_r^i$  odgovarajući efikasni preseki za svaku vrstu čestica.

Optička debljina je bezdimenziona veličina koja karakteriše stepen neprozračnosti sredine pri prolazu zračenja kroz nju.

Za neki konkretan proces interakcije A, optička debljina sredine između tačaka  $x_M$  i  $x_N$  jednaka je:

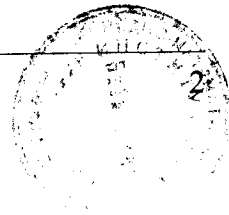
$$\tau_A(x_{MN}) = \int_{x_M}^{x_N} N(x) \sigma_A(x) dx \quad (1.1.4)$$

gde su  $N(x)$  - koncentracija čestica,  $\sigma_A(x)$  - presek interakcije

Optička debljina  $\tau_A$  i koeficijent apsorpcije  $\mu$  se često definišu konkretno za neki određeni proces interakcije. Fizički smisao optičke debljine za homogenu sredinu jeste da je to odnos

rastojanja  $x_{MN} = x_N - x_M$  i srednjeg slobodnog puta fotona u datoj sredini  $l_A = \frac{1}{n\sigma_A}$ :

$$\tau_A = x_{MN} N \sigma_A \quad (1.1.5)$$



odnosno jednaka je geometrijskoj debljini  $x_{MN}$  izraženoj u jedinicama  $I_A$ .

Optička debljina  $\tau_A(x_{MN})$  određuje slabljenje intenziteta zračenja koje kroz datu sredinu pređe put  $x_{MN}$ , usled određenog procesa interakcije:

$$I(x_N) = I(x_M) e^{-\tau_A(x_{MN})} \quad (1.1.6)$$

Potpuno slabljenje zračenja je određeno sumarnom optičkom debljinom  $\tau = \sum_A \tau_A$ , gde se sumiranje vrši po svim procesima koji dovode do slabljenja intenziteta zračenja.

Sredine koje imaju  $\tau(x_{MN}) \ll 1$  zovu se optički tanke, a one kod kojih je  $\tau(x_{MN}) \gg 1$  zovu se optički debele sredine.

## 1.2 ELEMENTI TEORIJE ZVEZDANE FOTOMETRIJE

Sve zvezde zbog svoje udaljenosti možemo smatrati za tačkaste izvore svetlosti. Ako se zvezda nalazi u tački  $S$ , površina objektiva teleskopa je  $dS$  i normalna je na svetlosni snop i ako rastojanje do zvezde označimo sa  $r$ , onda je prostorni ugao pod kojim se vidi ta površina:

$$d\omega = \frac{dS}{r^2} \quad (1.2.1)$$

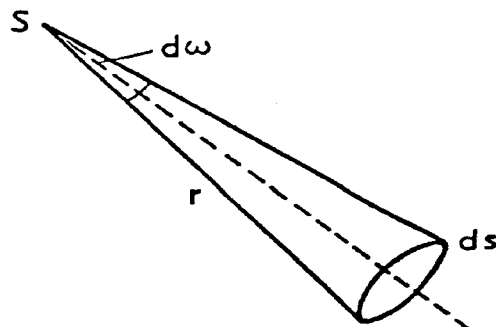
Na ovu površinu pada zračenje, čija je energija: po jedinici talasne dužine  $\lambda$  i u jedinici vremena [13]:

$$dE(\lambda) = I(\lambda) d\omega dt d\lambda \quad (1.2.2)$$

gde su:

$I(\lambda)$  - intenzitet zračenja talasne dužine  $\lambda$

$d\omega$  - prostorni ugao pod kojim se vidi površina  $dS$



Slika 1.2.1 Prostorni ugao  $d\omega$  pod kojim se vidi  $dS$

Količina energije koja pada na površinu  $dS$  u jedinici vremena, zove se svetlosni fluks i ima dimenzije snage [W].

$$dF(\lambda) = \frac{dE(\lambda)}{dt} = I(\lambda) d\omega d\lambda \quad (1.2.3)$$

Svetlosni fluks koji pada na jediničnu površinu naziva se osvetljenost:

$$dH(\lambda) = \frac{dF(\lambda)}{dS} = \frac{dE(\lambda)}{dtdS} = \frac{I(\lambda)}{r^2} d\lambda \quad (1.2.4)$$

i ima dimenzije  $[W/m^2]$ .

U astronomiji se sjaj zvezde ne izražava kao osvetljenost, već u specijalnim relativnim jedinicama - *zvezdanim veličinama (magnitude)*.

Veza između zvezdane veličine  $m$  i osvetljenosti  $H$  zvezde je:

$$m = a - 2.5 \log H \quad (1.2.5)$$

gde je:

$a$  - nulta tačka skale zvezdanih veličina.

(- 2.5) - Pogsonov koeficijent (određuje skalu zvezdanih veličina)

Zvezdane veličine se smanjuju sa povećanjem sjaja.

Ako imamo dve zvezde sa osvetljenostima  $H_1$  i  $H_2$ , njihove zvezdane veličine su:

$$m_1 = a - 2.5 \log H_1$$

$$m_2 = a - 2.5 \log H_2$$

Razlika osvetljenosti je:

$$m_1 - m_2 = - 2.5 \log \frac{H_1}{H_2} \quad (1.2.6)$$

Osvetljenost koju daje neka zvezda, a takođe i njena zvezdana veličina zavise od stvarnog sjaja zvezde i udaljenosti od Sunca. Tako, zvezde istog stvarnog sjaja koje se nalaze na različitim udaljenostima imaju različite zvezdane veličine. To je tzv. *prividna zvezdana veličina* i ona ne daje informaciju o stvarnom sjaju zvezde.

Međutim, ako bi se sve zvezde nalazile na istom rastojanju od Sunca, onda bi zvezdane veličine davale stvarne vrednosti njihovog sjaja. *Apsolutna zvezdana veličina* definiše se kao ona veličina koju bi imala neka zvezda na rastojanju od 10 Ps od Sunca. Prividnu zvezdanu veličinu obeležavamo sa  $m$ , a apsolutnu zvezdanu veličinu sa  $M$ .

Veza između prividne i apsolutne veličine iznosi:

$$m - M = - 2.5 \log \frac{H}{H_{10}} = - 2.5 \log \frac{10^2}{r^2}$$

$$m - M = 5 \log r - 5 \quad (1.2.7)$$

Razlika  $m - M$  zove se modul rastojanja zvezde.

Zvezdanu veličinu ili sjaj zvezde možemo definisati za integralnu izračenu energiju na svim talasnim dužinama ili za neki proizvoljni interval talasnih dužina. U prvom slučaju se radi o bolometrijskom sjaju zvezde, a u drugom - o sjaju u nekom spektralnom opsegu. Ako se osvetljenost odnosi na neki jedinični interval  $\lambda$ , govori se o monohromatskoj zvezdanoj veličini:

$$m_m = -2.5 \log I(\lambda) + const. \quad (1.2.8)$$

Ako detektor ima krivu osetljivosti  $\varphi(\lambda)$ , onda ovako određene veličine se zovu heterohromne veličine.

$$m_h = -2.5 \log \frac{\int I(\lambda) \varphi(\lambda) d\lambda}{\int \varphi(\lambda) d\lambda} + const. \quad (1.2.9)$$

Ako izrazimo sjaj jedne iste zvezde na različitim spektralnim opsezima

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \frac{I(\lambda_1)}{I(\lambda_2)} \quad (1.2.10)$$

ova razlika  $m_1 - m_2$  se zove *kolor indeks* zvezde. U slučaju heterohromnih veličina, kada su krive osetljivosti  $\varphi_1(\lambda)$  i  $\varphi_2(\lambda)$  kolor indeks se određuje:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \frac{\int I(\lambda) \varphi_1(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) \varphi_2(\lambda) d\lambda} + const. \quad (1.2.11)$$

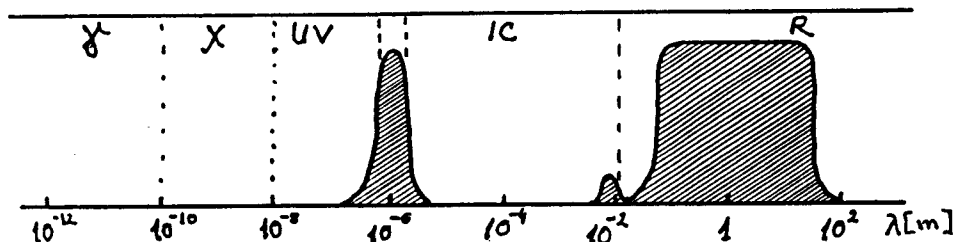
gde je:

$$const. = -2.5 \log \frac{\int \varphi_1(\lambda) d\lambda}{\int \varphi_2(\lambda) d\lambda}$$

Često se kolor indeks normira na nulu za zvezde spektralnog tipa A0 ili O. Kolor indeks karakteriše nagib krive  $I(\lambda)$ , koja zavisi od parametara spoljašnjih slojeva zvezde - temperature, gustine, hemijskog sastava. On može biti pozitivan i negativan. Za zvezde sa višom površinskom temperaturom, pri  $\lambda_1 > \lambda_2$  imamo  $I(\lambda_1) > I(\lambda_2)$ , tako da je kolor indeks negativan ( $m_1 - m_2 < 0$ ), a za zvezde sa nižom površinskom temperaturom,  $I(\lambda_1) < I(\lambda_2)$  kolor indeks je pozitivan ( $m_1 - m_2 > 0$ ).

### 1.3 PROZRAČNOST ZEMLJINE ATMOSFERE

Zemljina atmosfera je u potpunosti prozračna u samo dva prozora u elektromagnetnom spektru, u optičkom dijapazonu 300 nm do 1500 - 2000 nm (oblast do 800 nm sastoji se iz niza pojaseva propusnosti) i u radio dijapazonu na talasnim dužinama od 1 mm do 15 - 30 m. [1] Neprozračnost u svim drugim oblastima spektra prouzrokovana je procesima apsorpcije i rasejanja zračenja na molekulima, atomima i aerosolu a takođe i odbijanjem radiotalasa od elektrona u jonosferi.



Slika 1.3.1 Prozori prozračnosti u elektromagnetnom spektru.

Tri su efekta dominantna u optičkom delu spektra koji utiču na slabljenje svetlosti [14]:

1. Rayleighovo rasejanje na molekulima vazduha - dovodi pri normalnim uslovima ( $p = 101.3 \text{ kPa}$  i  $t = 15^\circ\text{C}$ ) do slabljenja u zenitu izraženom u zvezdanim veličinama po vazdušnoj masi:

$$A_1(\lambda, h) = \frac{9.4977 \cdot 10^{-3}}{\lambda^4} \frac{(n' - 1)}{(n - 1)^2} e^{-\frac{h}{7.996}} \quad (1.3.1)$$

gde su:

$n'$  i  $n$  indeksi prelamanja vazduha na talasnim dužinama  $\lambda$  i 1000 nm respektivno  
 $h$  [km] - nadmorska visina mesta posmatranja

Pošto je  $A_1(\lambda, h) \sim \lambda^{-4}$ , ova veličina brzo opada od ultraljubičastog dela spektra ka crvenom delu, gde postaje zanemarljiva. Upravo ovo rasejanje je uzrok plave boje neba.

2. Rasejanje na aerosolima - česticama prašine, kapljicama vode, ledenim kristalićima dovodi do slabljenja koje u manjoj meri zavisi od talasne dužine:

$$A_2(\lambda, h) = A_0 \lambda^{-\alpha} e^{-\frac{h}{H}} \quad (1.1.2)$$

gde je:

$H$  - visina homogene atmosfere

$A_0$  i  $\alpha$  - koeficijenti koji zavise od karakteristika mesta posmatranja.

Tipične vrednosti za  $\alpha=0.8$  a za  $H=1.5 \text{ km}$ .

Visina homogene atmosfere se određuje iz izraza:



$$H = \frac{R T}{\mu g} \quad (1.3.3)$$

gde je:

$R$  - univerzalna gasna konstanta

$T$  - temperatura

$\mu$  - srednja molekulska masa gasna u atmosferi

$g$  - gravitaciono ubrzanje

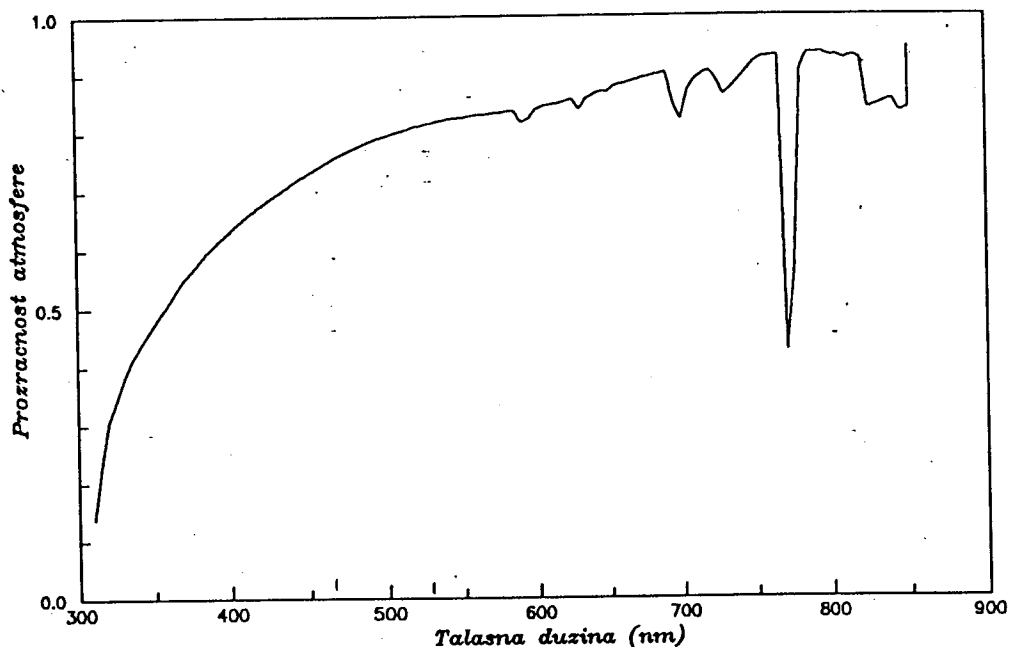
3. Apsorpcija na molekulima - u atmosferi ima selektivni karakter i manifestuje se preko apsorpcionih linija i traka. Najznačajnija apsorpcija u atmosferi se javlja na molekulima: ozona ( $O_3$ ), vodene pare ( $H_2O$ ), kiseonika ( $O_2$ ) i ugljen dioksida ( $CO_2$ ). Na manjim talasnim dužinama dominira apsorpcija ozonom, a na većim - apsorpcija na ostalim molekulima. Pošto je ozon koncentrisan na visinama od 10 - 15 km, njegov uticaj na slabljenje u zenitu ne zavisi od nadmorske visine mesta merenja. Slabljenje ozonom u zenitu dato je izrazom:

$$A_3(\lambda) = 1.11 T k(\lambda) \quad (1.3.4)$$

gde je:

$k(\lambda)$  [ $cm^{-1}$ ] - apsorpcioni koeficijent

$T$  - ukupna količina ozona nad mestom merenja (atm cm), koja se daje u tablicama kao funkcija godišnjih doba i geografske širine mesta. Srednje vrednosti za  $T$  iznose 0.2 za ekvator i 0.3 za geografsku širinu od  $60^\circ$ . Količina ozona može znatno varirati i tokom jedne noći.



Slika 1.3.2 Kriva propusnosti zemljine atmosfere

## 1.4 ZAKON BOUGUERA

Kada paralelan snop svetlosti intenziteta  $I$  prolazi kroz sloj atmosfere debljine  $dS$  i gustine  $\rho$ , dolazi do njenog slabljenja za:

$$dI = k \rho I ds \quad (1.4.1)$$

gde je  $k$  - koeficijent slabljenja (apsorpcije) svetlosti po jedinici mase.

Ako  $k$  ne zavisi od  $S$ , rešenje je oblika:

$$I_0 = I^0 e^{-k \int_0^S \rho ds} \quad (1.4.2)$$

gde je:

$S$  - je ukupan put svetlosti kroz atmosferu

$I^0$  - intenzitet svetlosti pre ulaska u atmosferu

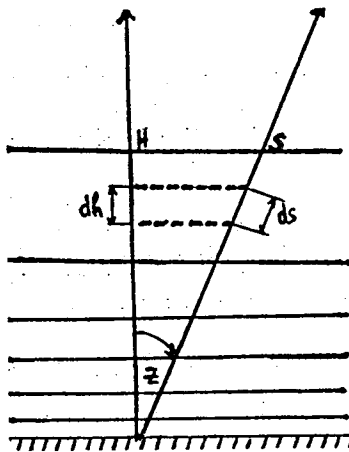
Element puta  $ds$  neće biti uvek isti; najmanji je kada snop pada normalno, odnosno kada je izvor u zenitu. U tom slučaju element puta  $ds$  postaje element visine atmosfere  $dh$  i jednačina (1.4.1) ima rešenje:

$$I_0 = I^0 e^{-k \int_0^H \rho dh} \quad (1.4.3)$$

gde je  $H$  visina atmosfere.

Veza između ova dva rešenja je:

$$I_z = I_0 e^{-k \left( \int_0^S \rho ds - \int_0^H \rho dh \right)} \quad (1.4.4)$$



Slika 1.4.1 Model zemljine atmosfere

Put koji pređe svetlost kroz atmosferu zove se vazдушna masa, tako da prvi integral predstavlja vazдушnu masu na nekoj zenitskoj udaljenosti:

$$F(z) = \int_0^S \rho ds$$

Sa slike se vidi da je  $ds = dh \sec z$ , tako da vazdušnu masu možemo izraziti:

$$F(z) = \int_0^s \rho ds = \int_0^H \rho \sec z dh = \sec z \int_0^H \rho dh$$

Uzme li se da je:  $F(0) = \int_0^H \rho dh = 1$ , koeficijent  $k$  će se odnositi na vazdušnu masu u zenitu. Izraz za  $F(z)$  tada dobija oblik:

$$F(z) = \sec z$$

Za  $z=0$  dobija se  $F(z) = F(0) = 1$ , tako da jednačina (1.4.4) dobija izgled:

$$I_z = I_0 e^{-k(\sec z - 1)}$$

Ako se uvede oznaka

$$e^{-k \int_0^H \rho dh} = e^{-k} = p \quad (1.4.5)$$

tada predhodna jednačina dobija oblik:

$$\frac{I_z}{I_0} = p^{(\sec z - 1)}$$

gde je  $p$  koeficijent prozračnosti zemljine atmosfere.

Jednačinu (1.4.5), saglasno Pogsonovom zakonu, možemo izraziti u magnitudama:

$$\Delta m = m_z - m_0 = -2.5 \log \frac{I_z}{I_0} = (\sec z - 1)(-2.5 \log p) \quad (1.4.6)$$

gde je:

$\Delta m$  - redukcija ka zenitu

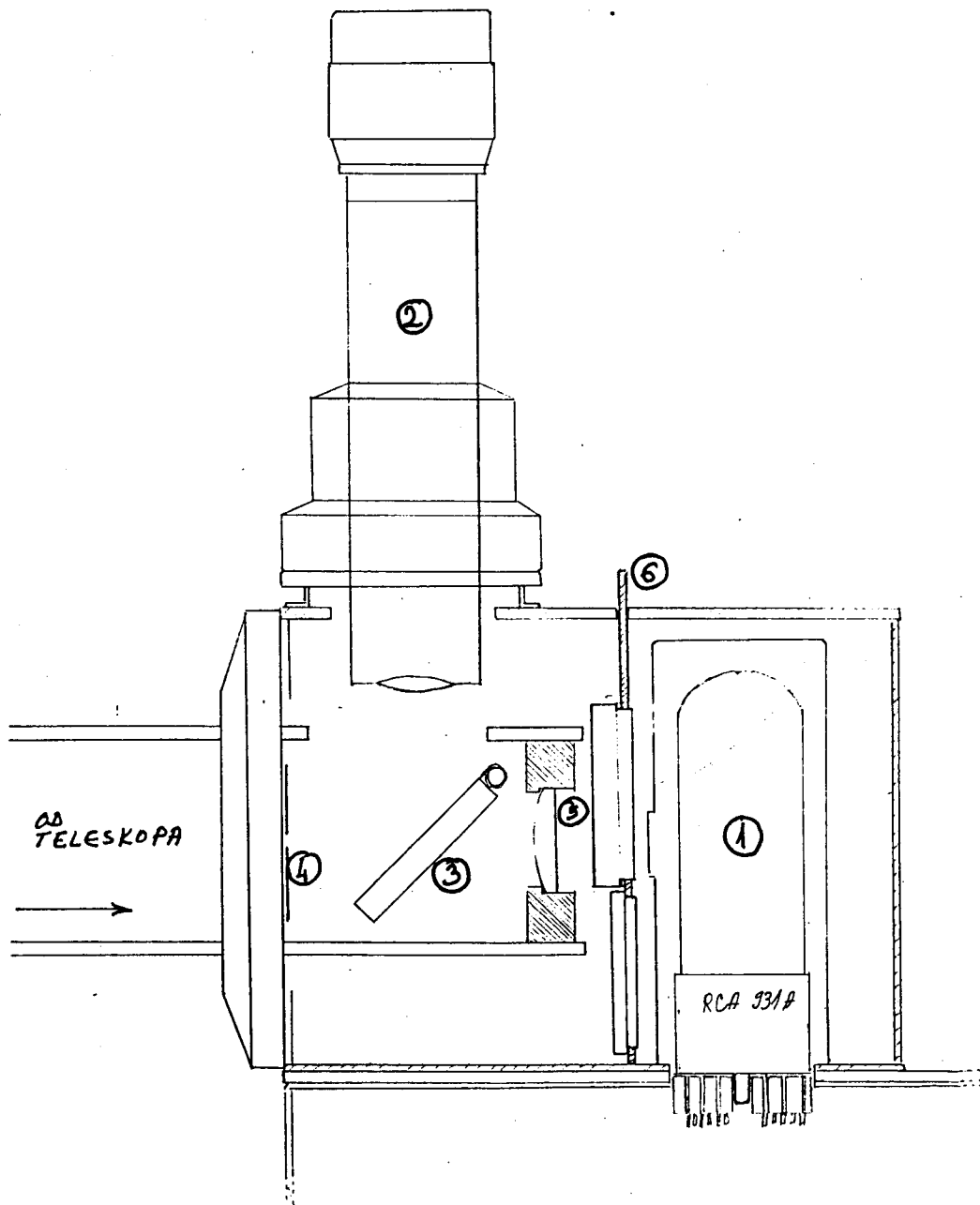
$-2.5 \log p = A$  - koeficijent ekstinkcije

Izraz za vazdušnu masu korektan je za male vrednosti  $z$ , pa ga je potrebno korigovati za veće vrednosti  $z$ . Tako korigovana vrednost zove se stvarna vazdušna masa i označava se sa  $X$ . Određivanje  $X$  biće obrađeno u poglavlju (3.1) [9.12].

## 2. APARATURA

### 2.1 FOTOELEKTRIČNI FOTOMETAR

Uređaji koji se upotrebljavaju u astronomiji za merenje sjaja slabih objekata, i koriste fotomultiplikatore kao prijemnike zračenja, nazivaju se fotoelektrični fotometri. U principu, montiraju se na teleskop reflektorskog tipa, kako bi se u kombinaciji sa odgovarajućim fotomultiplikatorom mogla vršiti merenja i u ultraljubičastom delu spektra. Međutim mogu se montirati i na refraktorske teleskope ako se merenja ne vrše u UV delu spektra.



Slika 2.1.1 Šema kućišta fotomultiplikatora

Oni se mogu podeliti, u zavisnosti od toga da li rade sa jednim ili više multiplikatora na:

jednokanalne i  
višekanalne,

a prema načinu rada na:

integralne i  
brojačke.

U ovom radu je korišćen jednokanalni fotometar u integralnom režimu rada. Sastavni delovi ovog fotometra (Sl. 2.1.1) su sledeći:

fotomultiplikator (1)  
mikroskop (2)  
preklopno ogledalo (3)  
dijafragma (4)  
Fabry sočivo (5)  
filteri (6)

kao i neophodne elektronske komponente:

izvor visokog napona  
pojačavač  
merni uređaj.

### 2.1.1 Fotomultiplikator

Fotomultiplikator je vakuumska elektronska cev, koja radi na principu spoljašnjeg fotoefekta i kod koje dolazi do povećanja broja izbijenih elektrona sa fotokatode pomoću sekundarne emisije elektrona sa dinoda. Sastavni delovi fotomultiplikatora su:

fotokatoda  
sistem dinoda  
anoda.

Fotokatoda je ulazni deo fotomultiplikatora. Od njenog kvaliteta zavisi ukupna osetljivost celog fotomultiplikatora.

*Kvantna efikasnost* se definiše kao količnik broja upadnih fotona  $N$  i izbijenih fotoelektrona  $N'$  i izlažava se u procentima:

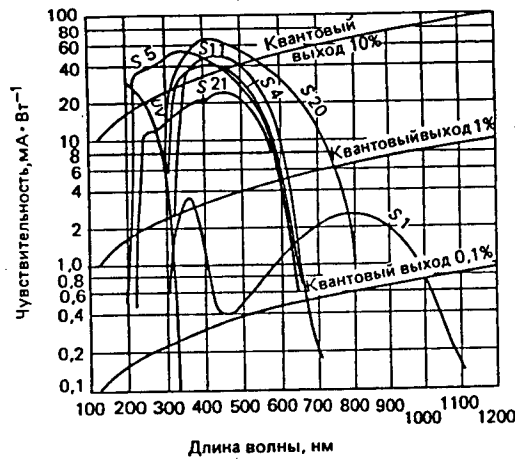
$$Q(\lambda) = \frac{N}{N'} \quad (2.1.1)$$

Kvantna osetljivost se menja u zavisnosti od talasne dužine upadne svetlosti i na slici 2.1.1 su date spektralne krive za najčešće korišćene fotokatode.

*Osetljivost fotokatode* se definiše kao količnik intenziteta emitovane fotostruje sa fotokatode  $I_k$  i snage apsorbovane svetlosti  $P$ :

$$E(\lambda) = \frac{I_k}{P} = \frac{q\lambda Q(\lambda)}{hc} \quad (2.1.2)$$

gde je:  $q$  - elementarno naelektrisanje,  $h$  - Plankova konstanta,  $c$  - brzina svetlosti u vakuumu,  $Q(\lambda)$  - kvantna efikasnost katode,  $\lambda$  - talasna dužina upadne svetlosti. Osetljivost fotokatode ima dimenziju A/W.



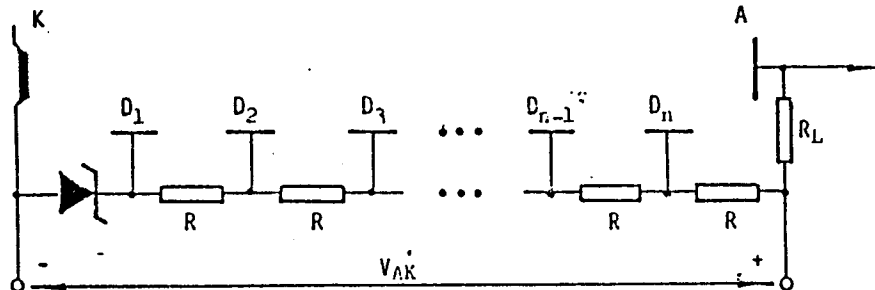
Slika 2.1.1.1 Spektralne krive nekih fotokatoda

**Dinode** služe za to da bi se multiplicirali fotoelektroni izbijeni iz fotokatode uz pomoć sekundarne emisije elektrona sa njih. One su premazane materijalom sa velikim koeficijentom sekundarne emisije  $\delta$ , kao što su MgO, AgOCs, BeCu. Drugi njihov zadatak je i da prikupljaju izbijene elektrone sa prethodne dinode, tako da se prema geometriji mogu podeliti na:

fokusirajuće,  
kavezaste.

Fotomultiplikator koji koristimo u ovom radu je oznake RCA 931-A koji ima Cs - Sb fotokatodu sa devet kavezasto povezavih dinoda

Na fotomultiplikator se preko razdelnika napona dovodi visok napon, tako da je između pojedinačnih dinoda pad napona od stotinjak volti koji vrši ubrzanje dobijenih elektrona. **Razdelnik napona** korišćen u ovom radu je napravljen od otpornika  $R=100\text{k}\Omega$  vezanih između pojedinačnih dinoda, između katode i anode je vezana Zenner dioda oznake ITT 2L150. Uzemljena je anoda a signal sa nje se skida preko radnog otpornika  $R_L=1\text{M}$



Slika 2.1.1.2 Razdelnik napona

**Anoda** ima za ulogu da sakupi multiplicirane elektrone na izlazu iz elektronskog multiplikatora.

#### Tamna struja fotomultiplikatora

Tamna struja je negativna osobina fotomultiplikatora, koja se manifestuje time da i u slučaju kada je on u mraku, kroz anodu protiče slaba struja.

Najveći udeo u tamnoj struji čine elektroni emitovani sa katode termoelektronskom emisijom. Gustina struje ovih elektrona na fotokatodi data je Richardsonovom formulom [16]:

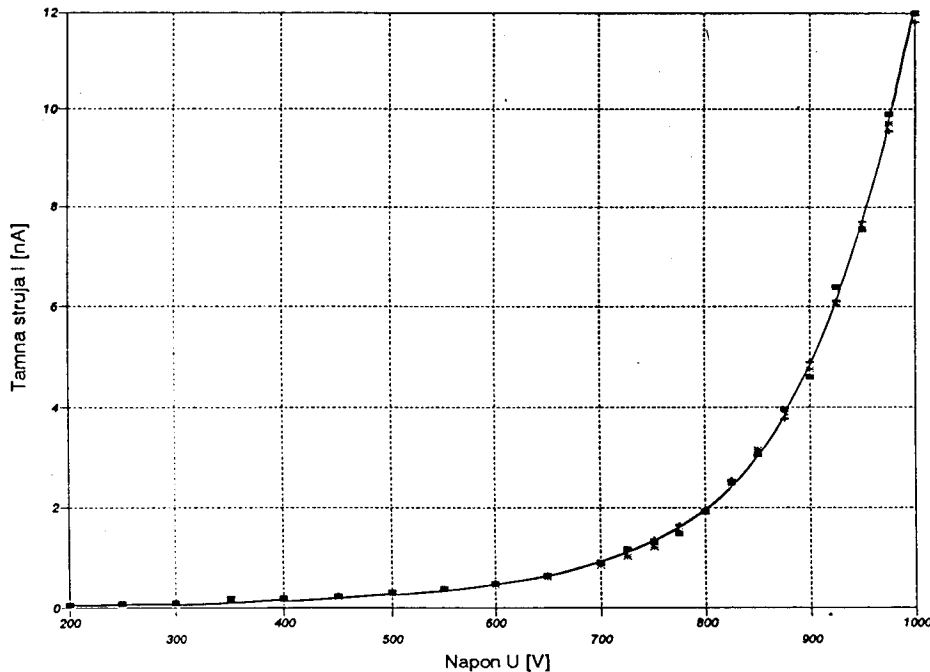
$$j_t = AT^2 e^{-(1.16 \cdot 10^4 \Phi_e / T)} \quad (2.1.3)$$

gde je:  $T$  - temperatura fotokatode,  $\Phi_e$  - termički izlazni rad materijala,  $A$  - konstanta

Pored ove termoelektronske komponente u tamnoj struji učestvuju i elektroni proizvedeni fotoefektom usled Čerenkovljevog zračenja, kosmičkog zračenja fluorescencije stakla usled  $\gamma$  zračenja i drugi.

Hlađenjem fotomultiplikatora se može smanjiti vrednost tamne struje, što je od posebnog interesa kod snimanja ekstremno slabih svetlosnih izvora.

Tamna struja zavisi od visokog napona napajanja  $V_s$  i to eksponencijalno kao što se vidi na Slici 2.1.1.3:



Slika 2.1.1.3 Zavisnost tamne struje fotomultiplikatora RCA 931-A od napona napajanja  $V_s$

### 2.1.2 Mikroskop sa preklopnim ogledalom

Svetlosni zrak pri izlazu iz teleskopa (slika 2.1.1) prolazi kroz dijafragmu (4) i nailazi na preklopno ogledalo (3). Ako je ono spuštено dolazi do skretanja zraka ka mikroskopu (2) koji služi za centriranje posmatranog objekta u centar dijafragme (4), odnosno na optičku osu fotometra. Sastoji se iz plankonveksnog objektiva i simetričnog okulara. Kada je objekat centriran diže se ogledalo i svetlosni zrak prolazi dalje ka fotomultiplikatoru (1).

### 2.1.3 Dijafragma

Uloga dijafragme je da eliminiše uticaj drugih susednih zvezda koje se nalaze u blizini posmatrane, kao i da smanji pozadinski sjaj neba. Ona se montira tako da bude istovremeno i u fokusu teleskopa i u fokusu mikroskopa. Obično se koriste nekoliko dijafragmi različitih veličina koje se u zavisnosti od potrebe mogu menjati sa prednje strane kućišta.

Naš fotometar sadrži četiri dijafragme prečnika 0.6, 1.0, 2.0 i 4.5 mm, koje u kombinaciji sa datim teleskopom (glava 4) definišu vidno polje od 33, 55, 110 i 245 ugaonih sekundi.

#### 2.1.4 Fabry sočivo

Fabry sočivo se nalazi iza preklonog ogledala a ispred filtera i fokusirano je na dijafragmu. Rastojanje od fotokatode je 30 mm. Njegova uloga je da formira mrlju na fotokaturi. Ako bi na fotokaturu padao tačkasti lik a ne mrlja, onda bi zbog površinske nehomogenosti fotokatode, atmosferskih turbulencija, grešaka u praćenju motora teleskopa i raznih vibracija, dolazilo do velike fluktuacije signala na izlazu.

Fabry sočivo je obično plankonveksno sočivo, ali ako se žele vršiti posmatranja u ultraljubičastom delu spektra, mora biti napravljeno od kvarca. Sočivo korišćeno u ovom radu je plankonveksno sa fokusom  $f=50\text{mm}$ .

#### 2.1.5 Filteri

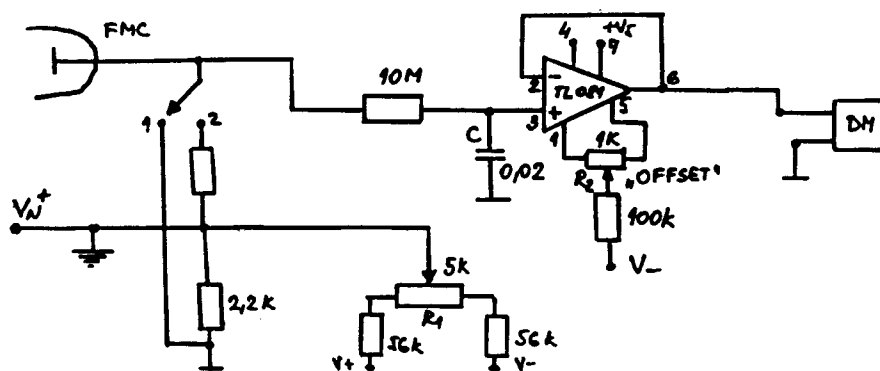
U širokopojasnoj fotometriji se koriste stakleni filteri, koji propuštaju samo određen deo spektralnog opsega. U ovom radu su korišćena dva filtera plavi debljine 1 mm i žuti debljine 2 mm montirani na pokretnom nosaču između Fabry sočiva i fotomultiplikatora (6). Podrobnije o problematici određivanja spektralnog opsega fotometra dato je u glavi (2.4).

#### 2.1.6 Elektronske komponente fotometra

*Izvor visokog napona* služi za napajanje fotomultiplikatora. Njegov izlazni napon mora da bude veoma stabilan (reda 0.001%) zbog jake zavisnosti pojačanja fotomultiplikatora od napona.

Izvor korišćen u ovom radu je RFT 20105 sa opsegom 0.3 - 2kV i negativnim polaritetom. Za njegov rad potreban je još poseban izvor niskog napajanja.

*Pojačavač signala* se nalazi u kućištu fotometra što bliže fotomultiplikatoru, da bi se smanjio šum koji se može indukovati u priključnim vodovima. Na Slici 2.1.6.1 je data šema pojačavača. Pojačavačem se može kompenzovati tamna struja koja teče kroz cev. Strujno pojačanje se menja promenom opsega merenja na digitalnom instrumentu EXACTA 3800G i kreće se u opsegu  $A_i=10^4 - 10^5$ .



Slika 2.1.6.1 Šema pojačavača



## 2.2 FOTOMETRIJSKI SISTEMI

Da bi se upoređivale raspodele energija u spektrima raznih zvezda i drugih objekata, koriste se fotometrijski sistemi. Oni se karakterišu skupom efektivnih talasnih dužina  $\lambda_e$  i poluširinom odgovarajućih propusnih opsega  $\Delta\lambda$ . Efektivna talasna dužina je ta talasna dužina na kojoj je maksimum propusnog opsega, a poluširina je širina opsega na polovini maksimuma propusnog opsega.

Kakvi će biti  $\lambda_e$  i  $\Delta\lambda$  zavisi od vrste filtera koji se koriste, spektralne osetljivosti fotodetektora, raspodele energije u spektru posmatranog objekta i od prozračnosti atmosfere. Ovako definisan sistem se zove instrumentalni.

U širem smislu se pod fotometrijskim sistemom osim instrumentalnog sistema podrazumevaju i fotometrijski standardi, tj. neke izabrane zvezde sa tačno izmerenim sjajem u datom sistemu. Ovi standardi pružaju mogućnost svođenja posmatranja različitih individualnih instrumentalnih sistema na jedan standardni sistem. Što je bliži instrumentalni sistem standardnom sistemu, to su manji transformacioni koeficijenti, koji se računaju iz posmatranja standardnih zvezda.

Fotometrijski sistemi se mogu podeliti prema širini spektralnih opsega na [1]:

- širokopolasne ( $\Delta\lambda > 30 \text{ nm}$ )
- srednjepolasne ( $\Delta\lambda = 10 - 30 \text{ nm}$ )
- uskopolasne ( $\Delta\lambda < 10 \text{ nm}$ ).

### 2.2.1 Johnson - Morganov UBV sistem

Ovo je najrasprostranjeniji fotometrijski sistem. U njemu se merenja vrše u tri spektralna opsega: ultraljubičasti U, plavi B i zeleni (vizuelni) V. On spada u širokopolasne sisteme sa tri boje, tako da definiše dva kolor indeksa U-B i B-V. U katalozima se obično navodi zvezdana veličina nekog objekta u vizuelnom opsegu V i njegovi kolor indeksi U-B i B-V.

Optički elementi sa kojima se realizuje ovaj sistem su sledeći [1, 10, 11, 13]:

- aluminizirano glavno ogledalo teleskopa kasegrenovog tipa,
- stakleni filteri (Schott, Corning),
- kvarcno Fabry sočivo,
- fotomultiplikator sa Cs-Sb fotokatodom (1P21) nehlađen.

U tabeli 2.2.1.1 date su za sva tri opsega ovog sistema odgovarajuće efektivne talasne dužine  $\lambda_e$ , poluširine opsega  $\Delta\lambda$ , i način njihove realizacije [2,13]:

	$\lambda_e$ [nm]	$\Delta\lambda$ [nm]	filter (oznaka i debljina)	fotokatoda (nehlađena)
U	365	68	UG2/2 mm	Cs-Sb
B	440	98	BG12/1mm+ CG13/2 mm	Cs - Sb
V	550	89	GG11/2 mm	Cs - Sb

Tabela 2.2.1.1

### 2.3 ODREĐIVANJE INSTRUMENTALNIH KRIVIH OSETLJIVOSTI

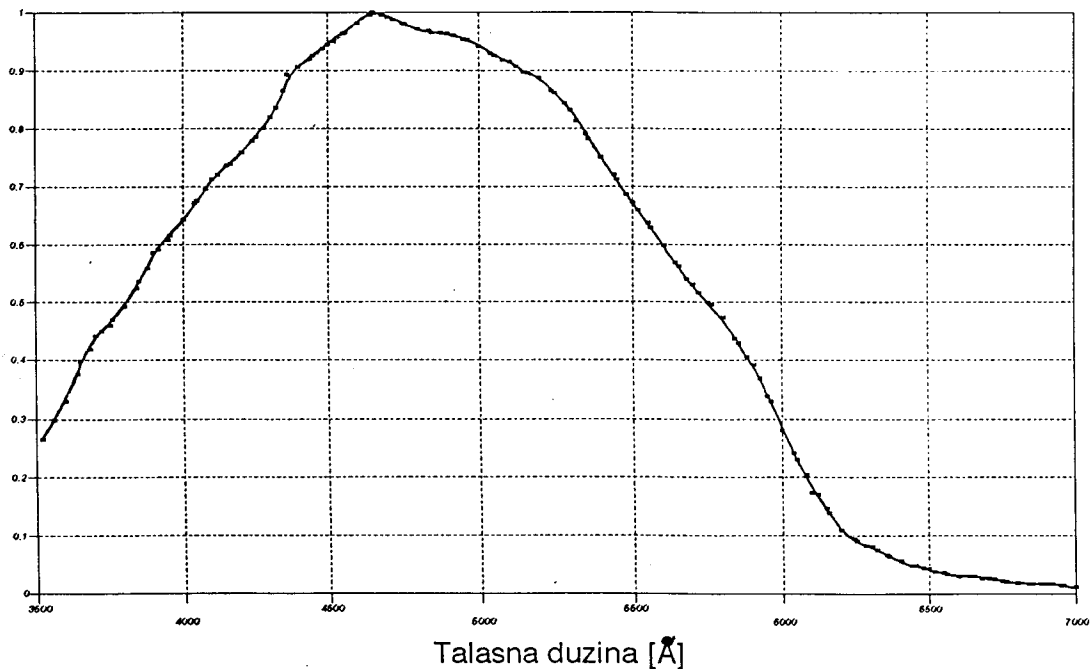
Krive reakcije sistema određene su spektralnom osetljivošću detektora, spektralnom propustljivošću filtera i Fabry sočiva.

Merenje je vršeno na monohromatoru GCA/McPHERSON INSTRUMENT 2051, a kao izvor svetlosti je korišćena kalibrisana halogena lampa na  $U = 12 \text{ V}$  i  $I = 4.1 \text{ A}$ . Lik niti lampe je pomoću sočiva fokusiran na ulaz monohromatora, a na izlazu je bio montiran fotometar. Izlazni signal je bio pojačan operacionim pojačavačem TL081, a mereno je uređajem DC-micrometar PM 2436 Philips.

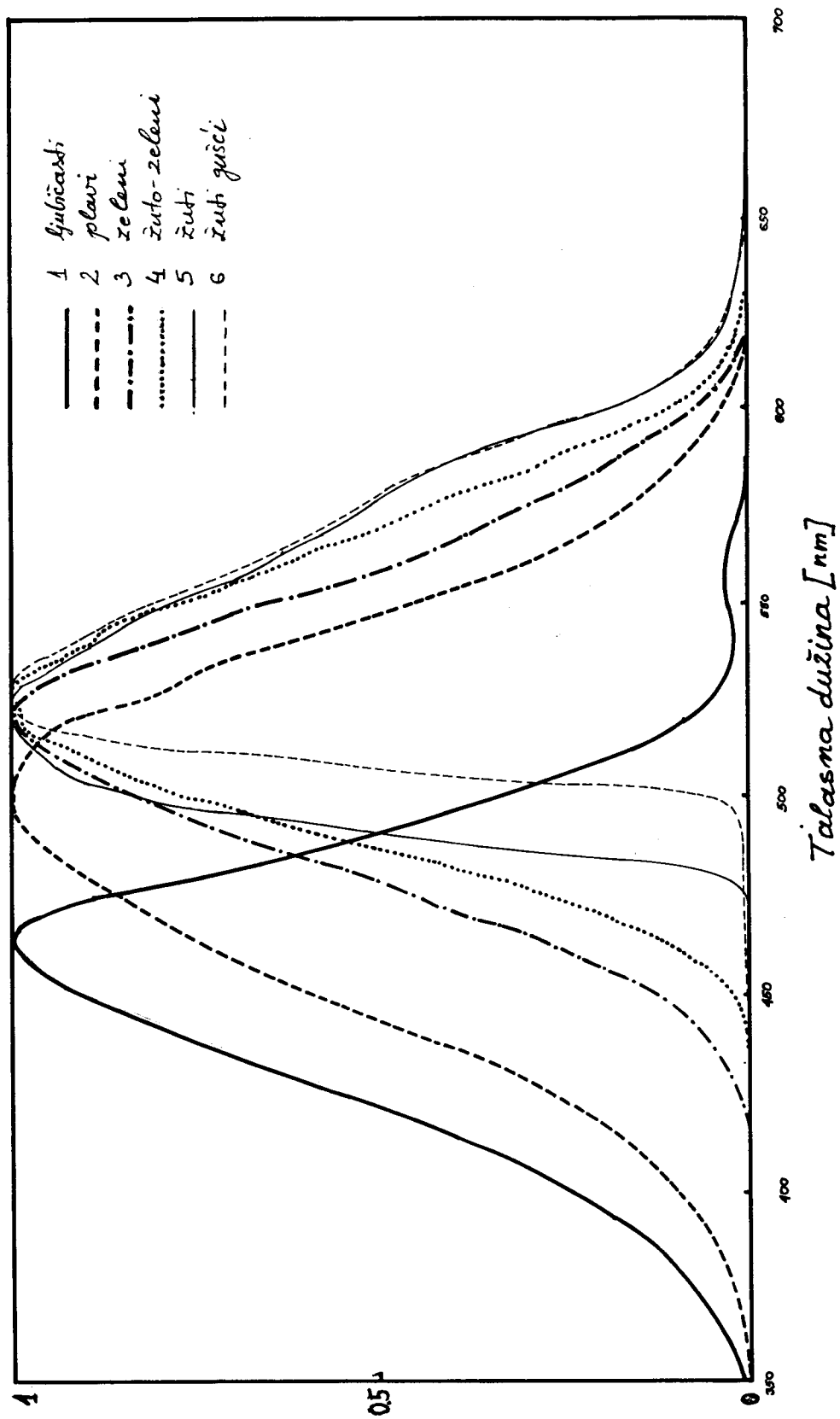
Najpre je bila određena osetljivost sistema  $K(\lambda)$ , tako što je snimljen spektar halogene lampe. Kako je lampa već bila kalibrisana, osetljivost je određena odnosom izmerenog intenziteta  $I'$  i kalibrisanog intanziteta  $I_{st}$  za datu talasnu dužinu:

$$K(\lambda) = \frac{I'}{I_{st}} \quad (2.3.1)$$

Zatim je vršeno merenje kroz filtere, a izmerene vrednosti  $I_f$  su korigovane za osetljivost sistema  $K(\lambda)$  i normirane na maksimum. Ukupno je mereno kroz ljubičasti, plavi, zeleni, žuto zeleni i dva žuta filtera različite gustine. Izmerene krive osetljivosti su date da Slici 2.3.2, a odgovarajuće efektivne talasne dužine  $\Delta\lambda$  i poluširine u Tabeli .2.3.1.



Slika 2.3.1 Osetljivost sistema  $K(\lambda)$



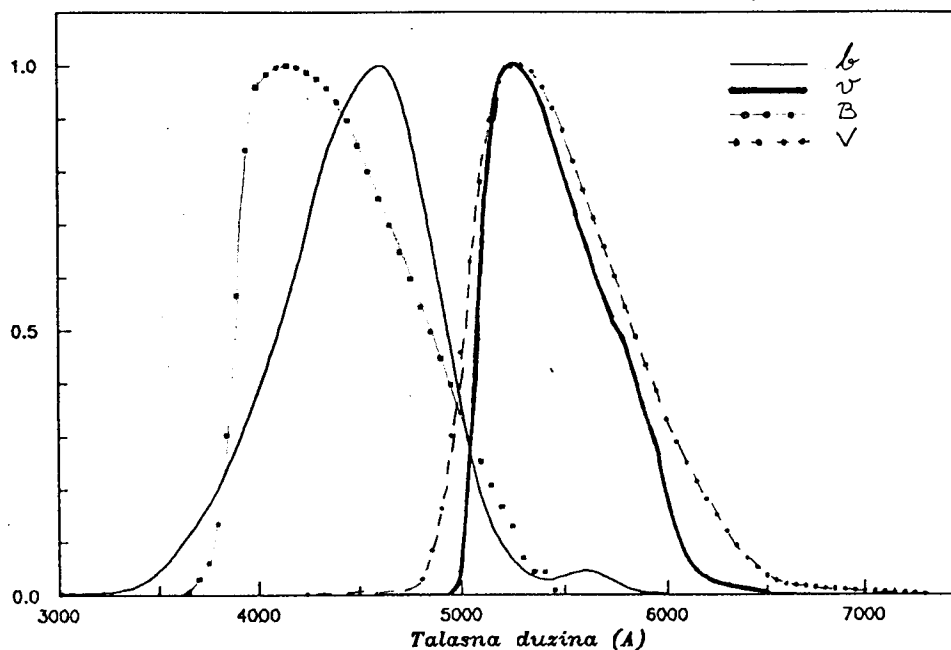
Slika 2.3.2 Krive propusnosti filtera

broj	filter	$\lambda_e$ [nm]	$\Delta\lambda$ [nm]
1	ljubičasti	464	70
2	plavi	500	102
3	zeleni	520	81
4	žuto-zeleni	528	72
5	žuti	520	85
6	žuti gušći	528	68

Tabela 2.3.1

Upoređivanjem ovih rezultata sa standardnim sistemom UBV, možemo videti da naš instrumentalni sistem ne može realizovati U oblast, zbog Fabry sočiva koje je od običnog stakla a ne od kvarcnog i zbog fotomultiplikatora čiji balon takođe ne propušta ultraljubičastu svetlost. Oblast B se delimično može realizovati sa ljubičastim filterom, zato što je maksimum pomeren prema većim talasnim dužinama, a i poluširina je nešto manja. Oblast V se sasvim uspešno može realizovati sa žutim filterom broj 6.

Na Slici 2.3.3 su date instrumentalne krive osetljivosti  $b$ ,  $v$  i krive Johnson - Morganovog fotometrijskog sistema B, V.

Slika 2.3.3 Krive osetljivosti instrumentalnog  $b$ ,  $v$  sistema i B, V krive.

### 3. METODE MERENJA PROPUSNOSTI ATMOSFERE

#### 3.1 METODA BOUGUEROVE PRAVE

Na osnovu teorije Bouguera (glava 1.4) o slabljenju intenziteta svetlosti kroz atmosferu, pod pretpostavkom da je atmosfera homogena, može se iz koeficijenta pravca tzv. "Bouguerove prave" odrediti koeficijent ekstinkcije, odnosno koeficijent prozračnosti.

Sjaj neke zvezde na zenitnom rastojanju može se izraziti kao funkcija vazdušne mase  $X$  [9, 10, 13]:

$$m = m^{\circ} + A(\lambda)X \quad (3.1.1)$$

gde je:  $m^{\circ}$  - vanatmosferski sjaj zvezde,  $A(\lambda)$ - koeficijent ekstinkcije.

Veza između prozračnosti  $p_{\lambda}$  i koeficijenta ekstinkcije  $A(\lambda)$  je sledećeg oblika:

$$p_{\lambda} = 10^{-0.4A(\lambda)} \quad (3.1.2)$$

Vazдушna masa  $X$  proporcionalna je sekansu zenitne udaljenosti  $z$  (za manje vrednosti  $z$ ). Za veće vrednosti  $z$  računa se pomoću formule [9, 10, 13, 14]:

$$X = \sec z - 0.0018167(\sec z - 1) - 0.002875(\sec z - 1)^2 - 0.0008083(\sec z - 1)^3 \quad (3.1.3)$$

Da bi se izračunao  $\sec z$  potrebno je znati geografsku širinu mesta posmatranja  $\varphi$ , koordinate posmatrane zvezde  $\alpha$  i  $\delta$  i časovni ugao  $t$ :

$$\sec z = (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t)^{-1} \quad (3.1.4)$$

Časovni ugao zvezde jednak je razlici mesnog zvezdanog vremena  $S$  i rektascenzije zvezde  $\alpha$ :

$$t = S - \alpha \quad (3.1.5)$$

Mesno zvezdano vreme se može izračunati poznavajući svetsko vreme posmatranja UT i geografsku dužinu mesta posmatranja  $\lambda$ :

$$s = S_o + \lambda + \mu UT \quad (3.1.6)$$

gde je:  $S_o$  - zvezdano vreme u Griniču u ponoć, koje se uzima iz tabele [15],  $\mu = 1.0027397$  [3].

Veza svetskog vremena UT i zonskog vremena (srednje-evropskog, SEV) iznosi  $UT = SEV - 2^h$ , a u letnjim mesecima, kada važi lenje računanje vremena,  $YUL: UT = YUL - 2^h$ .

Znači merenjem sjaja zvezde tokom noći može se, pod pretpostavkom da je atmosfera idealna, dobiti prava linija na grafiku  $m, X$ . Koeficijent pravca te prave jeste koeficijent ekstinkcije  $A(\lambda)$ .

Zvezda će se tokom noći kretati po Bouguerovoj pravoj, pri čemu će minimalno  $X$  odgovarati gornjoj kulminaciji zvezde. Vrednost magnitude na  $X = l$  daje sjaj zvezde u zenitu, a pri vrednosti  $X = 0$  dobija se vanatmosferski sjaj zvezde  $m^0$ .

Zbog nehomogenosti atmosfere u praksi se neće dobiti linearna zavisnost, pa je potrebno izvršiti fitovanje prave.

Loša strana ove metode je u tome što ako hoćemo preciznije da definišemo pravu moramo meriti zvezdu duže vreme, a prozračnost atmosfere u tom periodu može se bitno promeniti. Takođe se može promeniti i osetljivost sistema kojim se vrši merenje.

### 3.2 METODA DVE ZVEZDE NA RAZLIČITIM ZENITNIM RASTOJANJIMA

Da bi se izbeglo dugotrajno merenje, simultano se mere dve zvezde istog spektralnog tipa na različitim zenitnim rastojanjima.

Za svaku talasnu dužinu važi sledeći izraz [5]:

$$\frac{I_1(\lambda)}{I_2(\lambda)} = \frac{I_{o1}(\lambda) f(t_1)}{I_{o2}(\lambda) f(t_2)} p_\lambda^{\Delta X} \quad (3.2.1)$$

gde su:  $I_1(\lambda)$ ,  $I_2(\lambda)$  i  $I_{o1}(\lambda)$ ,  $I_{o2}(\lambda)$  izmereni i vanatmosferski sjaj zvezda respektivno,  $f(t)$  - funkcija koja opisuje osetljivost aparature sa vremenom i  $\Delta X$  - razlika vazdušnih masa za posmatrane zvezde.

U praksi se pokazalo da se osetljivost aparature sporo menja sa vremenom (za kratkotrajna merenja), pa se može uzeti da je  $f(t_1) \approx f(t_2)$ .

Tada se predhodni izraz uprošćava:

$$\frac{I_1(\lambda)}{I_2(\lambda)} = \frac{I_{o1}(\lambda)}{I_{o2}(\lambda)} p_\lambda^{\Delta X} \quad (3.2.2)$$

Ovde imamo dve nepoznate: koeficijent prozračnosti  $p_\lambda$  i odnos vanatmosferskog sjaja zvezda  $I_{o1}(\lambda)/I_{o2}(\lambda)$ . U principu, za njihovo određivanje su dovoljna dva merenja, ali zbog grešaka pri merenju i mogućih kratkotrajnih fluktuacija prozračnosti neophodno je vršiti merenja više puta.

Ako logaritmujemo izraz (3.2.2) dobijamo linearnu zavisnost logaritma odnosa sjaja zvezda u funkciji razlike vazdušnih masa.

$$\log \frac{I_1}{I_2} = \log \frac{I_{o1}}{I_{o2}} + \log p_\lambda \cdot \Delta X \quad (3.2.3)$$

gde je koeficijent pravca ove prave  $b = \log p_\lambda$ .

Koeficijent prozračnosti atmosfere dobijamo antilogaritmovanjem koeficijenta pravca:

$$p_\lambda = 10^b. \quad (3.2.4)$$

#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Merenje koeficijenta prozračnosti je vršeno sa mesta sa koordinatama  $\varphi = 45^\circ 15'$ ,  $\lambda = 1^h 19^m$  u blizini Bačkog Petrovca. Fotometar je bio montiran na teleskop reflektor Cassegrainovog tipa, prečnika glavnog ogledala  $D = 0.25 \text{ m}$  i žižne daljine  $f = 3.75 \text{ m}$ .

Merenja su se vršila u periodu od 11 do 22 augusta 1993. godine.

Na osnovu izmerenih veličina metodom najmanjih kvadrata dobijeni su ekstinkcioni koeficijenti  $A_v$  i  $A_b$ , kao i njihove standardne devijacije  $\sigma_v$  i  $\sigma_b$ .

Greška pri određivanju sjaja  $\sigma(m)$  računata je preko greške merenja signala  $\sigma(i)$ :

$$\sigma(m) = \frac{1.0857}{i} \sigma(i) \quad (4.1)$$

$i$  - vrednost signala.

Koeficijent prozračnosti je određivan pomoću izraza (3.1.2).

Standardna devijacija koeficijenta prozračnosti se računala preko standardne devijacije ekstinkcionog koeficijenta dobijenog metodom najmanjih kvadrata:

$$\sigma(p_\lambda) = p_\lambda \sigma(A_\lambda) \quad (4.2)$$

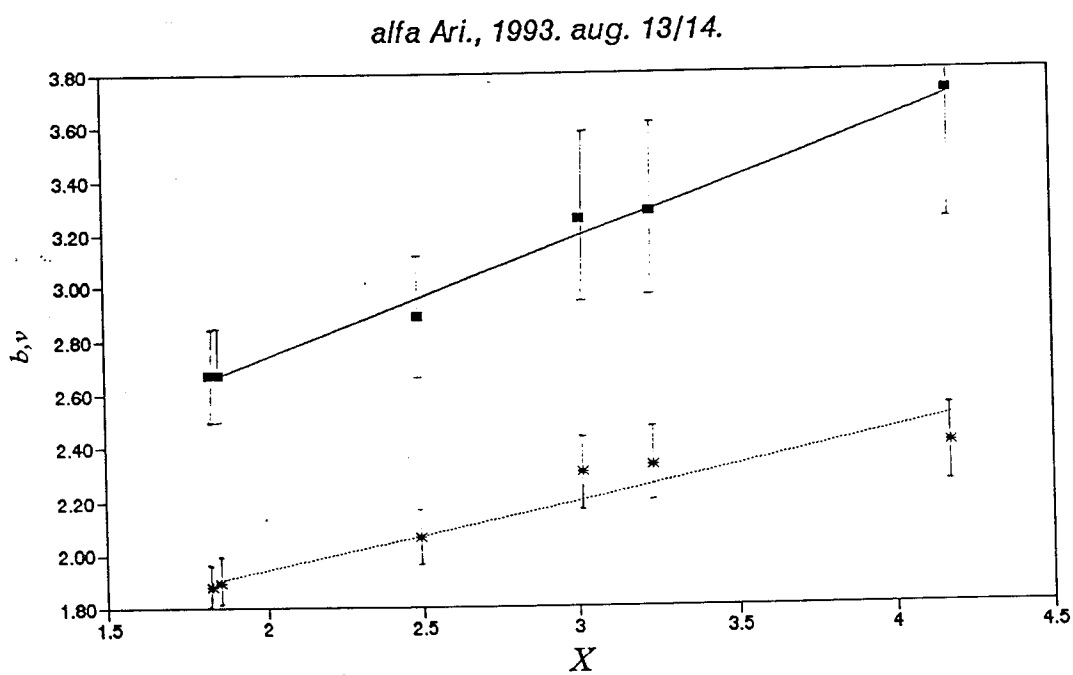
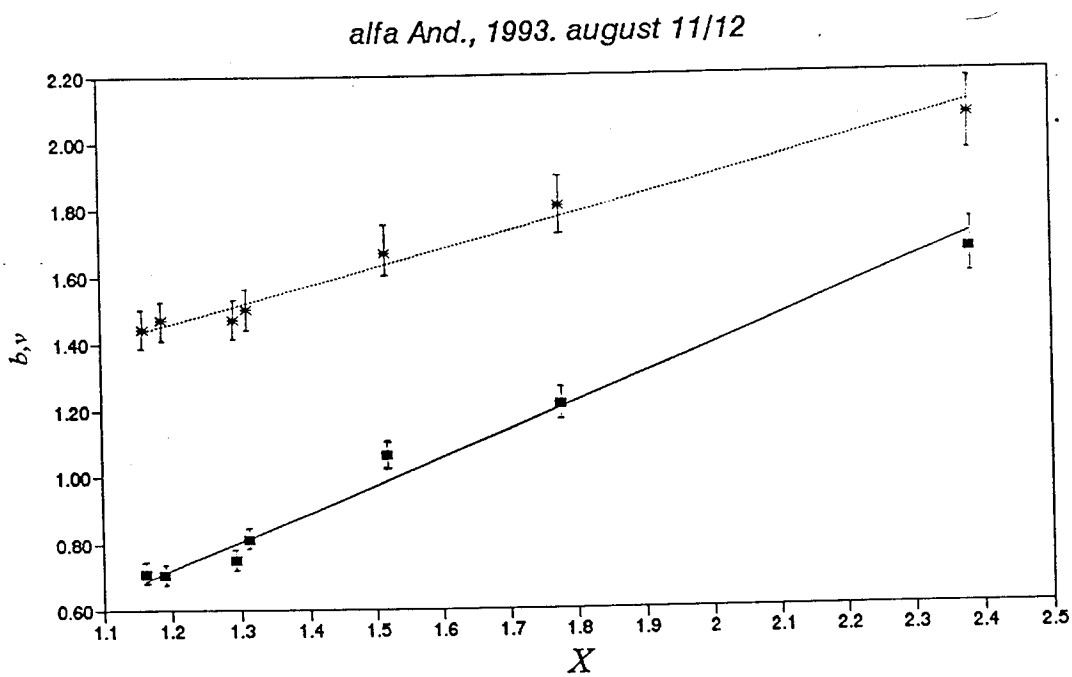
Na Slikama 4.1 i 4.2 su date eksperimentalne prave pomoću kojih se određuje koeficijent ekstinkcije, odnosno prozračnosti. U Tabeli 4.1 su dati koeficijenti ekstinkcije, njihove greške, broj merenja, koeficijent prozračnosti, takođe sa greškama na talasnim dužinama 464 nm i 528 nm.

1993. august	Zvezda	$A_b$	$\sigma_b$	n	$A_v$	$\sigma_v$	n	$p_b$	$\sigma_{pb}$	$p_v$	$\sigma_{pv}$
11/12	$\alpha$ and	0.807	0.043	7	0.528	0.031	7	0.476	0.020	0.615	0.019
13/14	$\alpha$ ari	0.526	0.031	13	0.329	0.031	10	0.616	0.019	0.739	0.023
13/14	$\epsilon$ peg	0.561	0.032	5	0.303	0.044	4	0.596	0.019	0.756	0.033
17/18	$\alpha$ peg	0.916	0.055	13	0.445	0.052	13	0.430	0.024	0.664	0.035
22/23	$\alpha$ and	0.553	0.164	8	0.207	0.095	8	0.601	0.099	0.826	0.079
22/23	$\beta$ and	0.399	0.014	5	0.285	0.019	7	0.692	0.010	0.769	0.015
22/23	$\gamma$ and	0.575	0.032	4	0.326	0.064	4	0.589	0.019	0.741	0.047
	Sr. vrednost	0.499	0.010		0.346	0.012		0.632	0.006	0.727	0.009

Tabela 4.1

Srednja vrednost koeficijenata je računata po formuli:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i \omega_i x_i}{\sum_i \omega_i} \quad (4.3)$$

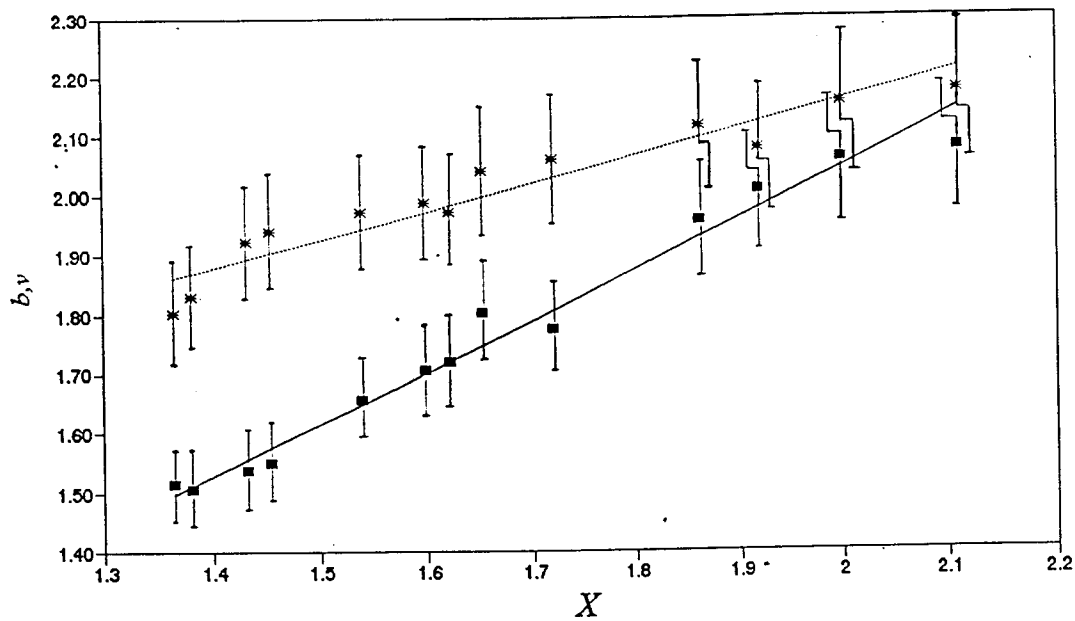


■ - b plavi filter, \* - v žuti filter

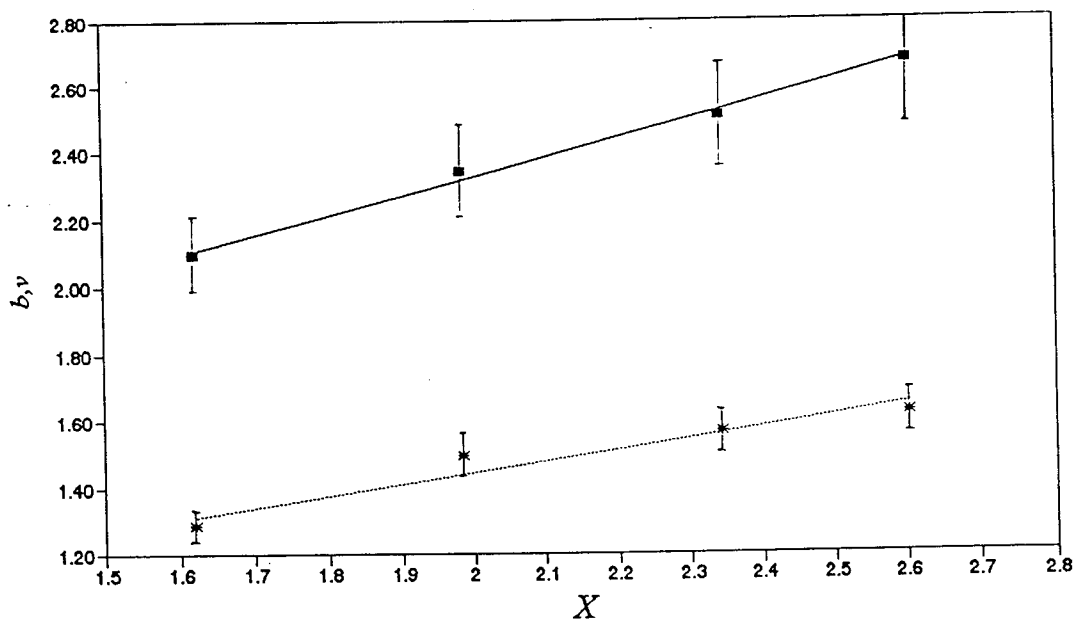
Slika 4.1 Bouguevoe prave



alfa Pegas, 1993. aug. 17/18.



gamma And., 1993. aug. 22/23



■ - b plavi filter, \* - v žuti filter

Slika 4.2 Bougove prave

gde je statistička težina:  $\omega_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$

Standardna devijacija srednje vrednosti je računata po formuli:

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \omega_i}} \quad (4.4)$$

Dobijeni su srednje vrednosti koeficijenta prozračnosti zemljine atmosfere:

$$p_b = (0.63 \pm 0.01) \text{ nm}$$

$$p_v = (0.73 \pm 0.01) \text{ nm}.$$

Dobijene vrednosti su manje nego što to daju drugi autori. Видьмаченко u [5] na osnovu spektrofotometrijskih merenja daje vrednost  $p_b=0.79$  i  $p_v=0.84$ , a Walker [14] takođe na osnovu spektrofotometrijskih merenja daje vrednost  $p_b=0.79$  i  $p_v=0.82$  a Страйжис u [13] navodi  $p_b=0.75$  i  $p_v=0.81$ . Naše vrednosti su manje za 20% u plavom delu spektra, odnosno za 10% u žutom delu spektra.

Ovo se može tumačiti time da pošto je lokacija merenja bila u ravnici, put koji prolazi svetlost kroz atmosferu je duži nego kada je lokacija na višoj nadmorskoj visini. Zatim, merenje je vršeno u blizini naselja gde je u atmosferi povećana koncentracija prašine, aerosola te je rasejanje upadne svetlosti na njima veće, što dovodi do smanjenja koeficijent prozračnosti.

Prozračnost atmosfere ima i sezonski karakter, što je navedeno u radu Arsenijević [8], i iznosi za žuti deo spektra  $p_v=0.66 - 0.83$ . Ona je manja u letnjim a veća u zimskim mesecima. Sva naša merenja su izvršena u augustu, a u radu [8] za august srednja vrednost koeficijenta prozračnosti iznosi  $p_v=0.68$ , vidimo da je naš rezultat upada u gore navedeni interval.

Neslaganje sa [5, 14, 13] se može tumačiti i time što su njihova merenja vršena drugačijom aparaturom i metodom (spektrofotometrijom), gde je prozračnost atmosfere merena na tačno određenim talasnim dužinama, dok se kod zvezdane fotometrije on određuje na efektivnim talasnim dužinama, odnosno na nekom spektralnom opsegu. U prilog ovome može ići i relativno slaganje naših rezultata i rezultata u [8], koji su dobijeni istom metodom merenja.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je imao dva cilja.

Prvi cilj je bio da se konstruiše fotoelektrični fotometar koji će poslužiti za drugi cilj, da se metodama zvezdane fotometrije izmeri koeficijent zemljine prozračnosti.

Kao detektor svetlosti je upotrebljen fotomultiplikator RCA 931-a sa CsSb fotokatodom. Snimljene su krive spektralne propusnosti šest filtera da bi se odabrala dva koja najbolje odgovaraju B i V oblasti Johnson - Morganovog fotometrijskog sistema. Odabrani filteri su u kombinaciji sa fotomultiplikatorom i staklenim Fabry sočivom dali spektralne oblasti sa efektivnom talasnom dužinom 464 nm i 528 nm, i poluširinama od 70 nm i 68 nm.

Izmerene vrednosti koeficijenta prozračnosti zemljine atmosfere iznose za  $\lambda_e=464 \text{ nm}$   $p_b=0.63$  odnosno za  $\lambda_e=528 \text{ nm}$ ,  $p_v=0.73$ .

Dobijene vrednosti za prozračnost su manje u odnosu na vrednosti koje se dobijaju spektrofotometrijski [5, 10, 14] za 20% u plavom delu spektra, odnosno za 10% u žutom delu spektra. Ovo neslaganje se može objasniti time što je lokacija merenja u ovom radu bila na maloj nadmorskoj visini, u neposrednoj blizini naselja gde je veća koncentracija aerosola i smoga. U poređenju sa rezultatima koji su dobijeni metodom zvezdane fotometrije [8], dolazi do slaganja rezultata.

## LITERATURA:

1. *Физика космоса: маленькая энциклопедия; Сов. энциклопедия, Москва, 1986.*
2. *Аллен К. У.: Астрофизические величины, Мир, Москва 1977.*
3. *Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз Б. И.: Курс общей астрономии, Наука, Москва 1977.*
4. *Глушневой И. Н.: Спектрофотометрия ярких звезд, Наука, Москва 1982.*
5. *Видьмаченко А. П. et al.: 1980, Астрономический вестник Т. XIV, No 2, 80-85.*
6. *Экуз М, Сич Э, Триттон К.: Детекторы слабого излучения в астрономии, 1986 Мир, Москва.*
7. *Хромов Г. С. : Приемники излучения в наземной астрономии, Итоги науки и техники, Астрономия, Том 19, Москва 1982.*
8. *Arsenijević J., Publ. Obs. Astron.de Belgrade, No 33, Beograd 1984.*
9. *Мартинов Д. Я.: Курс практической астрофизики, Наука, Москва 1967.*
10. *Muminović M.: Praktična astronomija, Sarajevo 1973.*
11. *Muminović M.: Praktična astronomija II izdanje, Sarajevo 1982.*
12. *Nuhi R.: Vasiona XXVII 1979. 1, 17-20.*
13. *Страйжис В. Л.: Многоцветная фотометрия звезд, Вилнюс, 1977.*
14. *Уокер Г.: Астрономические наблюдения, Мир, Москва 1990.*
15. : *Astronomske efemeride za 1993 godinu, Vasiona XL 1992. 5, 100-101.*
16. *Pavlov M, Vujičić B, Mijatović Z. Đurović S: Zavisnost pojačanja fotomultiplikatora od napona na dinodama, PMF, Novi Sad, elaborat.*

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:  
RBR

Identifikacioni broj:  
IBR

Tip dokumentacije: *monografska dokumentacija*  
TD

Tip zapisa: *tekstualni štampani materijal*  
TZ

Vrsta rada: *diplomski rad*  
VR

Autor: *Jaroslav Grnja*  
AU

Mentor: *dr Božidar Vujičić, vanredni profesor, PMF Novi Sad*  
MN

Naslov rada: *MERENJE KOEFICIJENTA PROZRAČNOSTI ZEMLJINE  
ATMOSFERE NA TALASNIM DUŽINAMA  $\lambda=464$  nm I  $\lambda=528$  nm*  
NR

Jezik publikacije: *srpski (latinica)*  
JP

Jezik izvoda: *srpski*  
JI

Zemlja publikovanja: *Jugoslavija*  
ZP

Uže geografsko područje: *Vojvodina*  
UGP

Godina: *1994.*  
GO

Izdavač: *autorski reprint*  
IZ

Mesto i adresa: *Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, 21000 Novi Sad*

MA

Fizički opis rada: (5/25/16/3/8/6/0)

FO

Naučna oblast: *fizika*

NO

Naučna disciplina: *astrofizika*

ND

Predmetna odrednica / ključne reči: *astrofizika, fotometrija, prozračnost zemljine atmosfere*

PO

UDK

Čuva se:

ČU

Važna napomena: nema

VN

Izvod: Rad opisuje konstrukciju jednokanalnog integralnog fotoelektričnog fotometra za fotometrisanje zvezda. Izmerene su krive spektralne osetljivosti u plavom i žutom delu spektra sa efektivnim talasnim dužinama  $\lambda=464$  nm i 528 nm, i poluširinama od 70 nm i 68 nm. Izmerene su i vrednosti koeficijenta prozračnosti zemljine atmosfere na  $\lambda_e=464$  nm i  $\lambda_e=528$  nm :  $p_b=0.63$ ,  $p_v=0.73$ . Dobijene vrednosti su upoređene sa vrednostima drugih autora.

IZ

Datum prihvatanja teme od strane NNveća:

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

predsednik: *dr Radomir Kobilarov, docent, PMF Novi Sad*

član: *dr Božidar Vujičić, vanredni profesor, PMF Novi Sad*

član: *dr Stevica Đurović, docent, PMF Novi Sad*

KO