

---

Marko Pust  
Aram Karalič

# MLADINSKI ASTRONOMSKI TABOR

Zveza za tehnično kulturo Slovenije  
Ljubljana 2001



# Kazalo

<b>I</b>	<b>Nekaj astronomskih projektov</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>Vaje za ogrevanje</b>	<b>19</b>
1.1	Spoznavanje ozvezdij . . . . .	19
1.1.1	Praktični del . . . . .	19
1.1.2	Teoretični del . . . . .	19
1.2	Zorno polje in povečava teleskopa . . . . .	19
1.2.1	Naloga . . . . .	20
<b>2</b>	<b>Masa Jupitra</b>	<b>23</b>
2.1	Uvod . . . . .	23
2.1.1	Jupiter . . . . .	25
2.2	Teorija . . . . .	26
2.3	Meritve . . . . .	27
2.3.1	Posredno merjenje . . . . .	28
2.3.2	Neposredno merjenje . . . . .	29
2.4	Obdelava meritev . . . . .	30
<b>3</b>	<b>Oddaljenost do Lune</b>	<b>33</b>
3.1	Uvod . . . . .	33
3.2	Teorija . . . . .	34
3.3	Meritve . . . . .	35
3.3.1	Grafična metoda . . . . .	35
3.3.2	Matematična metoda . . . . .	36
3.3.3	Priloga . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Solarna konstanta</b>	<b>39</b>
4.1	Uvod . . . . .	39
4.2	Teorija . . . . .	39
4.3	Potek meritev . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Simulacija vrtenja malih planetov</b>	<b>47</b>
5.1	Izvedba vaje . . . . .	47
<b>6</b>	<b>Opazovanje spremenljivk</b>	<b>51</b>
6.1	Splošno o spremenljivkah . . . . .	51
6.1.1	Pulzirajoče spremenljivke . . . . .	52
6.1.2	Ekliptične spremenljivke . . . . .	55
6.2	Opazovanje spremenljivk . . . . .	58

6.2.1	Pomen opazovanja spremenljivk . . . . .	58
6.2.2	Splošno o ocenjevanju sija . . . . .	59
6.2.3	Vizualno ocenjevanje sija . . . . .	60
6.2.4	Priprava opazovanj . . . . .	62
6.2.5	Nasveti za opazovanje . . . . .	66
6.2.6	Obdelava meritev . . . . .	67
<b>II Poročilo 2001</b>		<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Uvod</b>	<b>75</b>
7.1	Uvod urednika poročila . . . . .	75
7.2	Uvod vodje tabora . . . . .	75
7.3	Delovne skupine . . . . .	77
7.4	Mentorji . . . . .	77
7.5	Udeleženci . . . . .	77
<b>8</b>	<b>Skupina za astrofiziko</b>	<b>79</b>
8.1	Uvod . . . . .	79
8.2	Izračun hitrosti vrtenja Saturna . . . . .	81
8.2.1	Literatura . . . . .	82
8.3	Mejna magnituda neba v odvisnosti od višine nad obzorjem . . . . .	83
8.3.1	Uvod . . . . .	83
8.3.2	Kako smo se tega lotili . . . . .	83
8.3.3	Ugotovitev . . . . .	84
8.4	Nebesna mehanika . . . . .	85
8.5	Slike . . . . .	88
8.5.1	Literatura . . . . .	91
8.6	Opazovanje meteorjev ter računanje ZHR . . . . .	92
8.6.1	Uvod . . . . .	92
8.6.2	Potek vaje . . . . .	92
8.6.3	Končni rezultati . . . . .	93
8.6.4	Zaključek . . . . .	93
8.7	Računanje razdalje s pomočjo kefeid . . . . .	94
<b>9</b>	<b>Skupina za astrofotografijo</b>	<b>97</b>
9.1	Delo s teleskopom LX200 10" . . . . .	97
9.2	Fotografija . . . . .	101
9.2.1	Literatura . . . . .	102
9.3	Mednarodna vesoljska postaja ISS . . . . .	103
9.3.1	Uvod . . . . .	103
9.3.2	Opazovanje . . . . .	103
9.3.3	Zanimivo računanje . . . . .	104
9.3.4	Zaključek . . . . .	104
9.4	Obdelava in snemanje slik s programom MaxIm DL . . . . .	105
9.5	Skupinska fotka . . . . .	107
<b>10</b>	<b>Skupina za meteorje</b>	<b>109</b>

10.1	Uvod . . . . .	109
10.2	Meteorji, bolidi, meteoroidi in meteoriti . . . . .	110
10.2.1	Meteorji . . . . .	110
10.2.2	Bolidi . . . . .	110
10.2.3	Meteoroidi, meteorji in meteoriti — glavne značilnosti . . . . .	111
10.3	Fotografiranje meteorjev . . . . .	112
10.4	Vizualno opazovanje meteorjev . . . . .	113
10.4.1	Aktivni meteorski roji . . . . .	113
10.4.2	Vizualna opazovanja . . . . .	114
10.4.3	Statistika opazovanj in bolidov . . . . .	116
10.4.4	Tabele in grafi izračunov ZHR . . . . .	117
10.4.5	Izračun ZHR . . . . .	121
10.5	Zaključki . . . . .	122
10.6	Literatura in viri . . . . .	122
10.7	Zahvala mentorice . . . . .	123
10.8	Razno — Neuradno poročilo . . . . .	123
10.8.1	Zahvala mentorici Dunji . . . . .	123
10.8.2	Nenavaden zvok bolidov . . . . .	124
10.8.3	Še nekaj od Špele . . . . .	124
<b>11</b>	<b>Splošna skupina</b>	<b>125</b>
11.1	Uvod . . . . .	125
11.1.1	Kaj se lahko nauči novopečeni astronom v sedmih dneh? . . . . .	125
11.1.2	In kaj smo se naučili? . . . . .	125
11.2	Solarna konstanta . . . . .	126
11.2.1	Meritve in teorija . . . . .	126
11.2.2	Rezultati . . . . .	127
11.2.3	Za konec pa še... . . . . .	128
11.2.4	Meritve . . . . .	129
11.2.5	Literatura . . . . .	129
11.3	Sonce . . . . .	131
11.3.1	Kaj opazujemo na Soncu? . . . . .	131
11.3.2	Nekaj o Sončnih pegah . . . . .	133
11.3.3	Priprava na opazovanje . . . . .	133
11.3.4	Opazovanje . . . . .	133
11.3.5	Kaj so Sončeve pege? . . . . .	134
11.3.6	Kotna hitrost oziroma obhodni čas Sonca . . . . .	134
11.3.7	Zahvala . . . . .	135
11.3.8	Literatura . . . . .	136
11.4	Sončeva aktivnost . . . . .	137
11.4.1	Določanje Wolfovega števila . . . . .	137
11.5	Luna . . . . .	141
11.5.1	Uvod . . . . .	141
11.5.2	Fizikalni pogoji . . . . .	141
11.5.3	Relief Lune . . . . .	141
11.5.4	Kraterji . . . . .	141
11.5.5	Geologija Lune . . . . .	142

11.5.6	Zaključek . . . . .	143
11.5.7	Literatura . . . . .	143
11.6	Masa Jupitra . . . . .	144
11.6.1	Uvod . . . . .	144
11.6.2	Merive in računanje . . . . .	145
11.7	Opazovanje spremenljivk . . . . .	146
11.7.1	BD Andromede . . . . .	146
11.7.2	RZ Kasiopeje . . . . .	150
<b>12</b>	<b>Epilog</b>	<b>153</b>

# Tabele

1.1	Primer tabele, kamor zapisuješ meritve. . . . .	21
2.1	Glavne karakteristike štirih največjih Jupitrovih satelitov . . . . .	26
4.1	Primer tabele kamor zapisujemo meritve. . . . .	45
4.2	Primer tabele kamor zapisujemo meritve s katerimi ocenjujemo izgube. . .	45
4.3	Primer tabele kamor zapisujemo rezultate. . . . .	46
6.1	Osnovne zančilnosti spremenljivke RZ Cas. . . . .	65
6.2	Primer zapisa meritev pri opazovanju spremenljivk. . . . .	67
8.1	Umeritvena krivulja. . . . .	94
8.2	Podatki o kefeidah v Magellanovem oblaku. . . . .	95
10.1	Podatki o meteorskih rojih. . . . .	114
10.2	Razporeditev vizualnih opazovalcev po številu učinkovitih opazovalnih ur. .	116
10.3	Opazovanja na taboru. . . . .	116
10.4	Izračunani ZHR Perzeidov. . . . .	118
10.5	Izračunani ZHR $\kappa$ -Cignidov. . . . .	119
10.6	Izračunani ZHR kompleksa rojev Akvaridov. . . . .	120
11.1	Meritve solarne konstante . . . . .	130
11.2	Opazovanje Wolfovega števila za 14., 15. in 16. avgust 2001 . . . . .	140
11.3	V tabeli so navedene oddaljenosti Jupitrovih satelitov, ki so podane v eno- tah premera Jupitra [j.p. . . . .	145
11.4	Rezultati meritev. Iz prve in druge vrstice, ter s pomočjo enačbe (11.2) sem izračunal maso Jupitra, ki je podana v tretji vrstici. . . . .	145
11.5	Osnovne zančilnosti spremenljivke BD And. Pripomniti je potrebno, da je podatek za sij fotografski. . . . .	146
11.6	Osnovne zančilnosti spremenljivke RZ Cas. . . . .	150
11.7	Siji primerjalnih zvezd, ki sem jih uporabil pri meritvi . . . . .	151





# Slike

1.1	Izmeriti je potrebno čas, ki ga potrebuje zvezda, da pride od točke A do B.	21
2.1	Na sliki je prikazana elipsa, po kakršni se gibljejo planeti. Vsaka elipsa ima dve gorišči - v enem izmed njih je Sonce . . . . .	24
2.2	Shematski prikaz Jupitra in njegovih štirih satelitov. Nekaj podobnega bi pokazal negativ, če bi Jupiter posneli skozi teleskop . . . . .	26
2.3	Sprememba položaj Evrope in Ganimeda glede na Jupiter v toku enega meseca . . . . .	27
2.4	Simulacija meritev položaja Io v avgustu 1999. Meritve so označene s točkami. Krivulja, ki se najbolj prilega meritvam je dobljena s pomočjo numeričnih metod. Simulacija je bila narejena s pomočjo programa CLEA.	28
2.5	Postavitvi zornega polja pri obeh meritvah. . . . .	29
2.6	Geometrija meritev . . . . .	30
3.1	Ekvatorska paralaksa Lune je kot, pod katerim vidimo ekvatorski polmer Zemlje, če bi ga gledali z Lune. . . . .	34
3.2	Razmerje med koti Sonca Zemlje in Lune pri popolnem Luninem mrku. . . . .	34
3.3	Shematski prikaz slike Luninega mrka . . . . .	35
3.4	Fotografija Luninega mrka. . . . .	37
4.1	Shematski prikaz postavitve eksperimenta. Imamo valj s premerom $r$ in višino $h$ pobarvan s črno barvo in napolnjen z vodo. Sončna svetloba pada nanj pod kotom $\alpha$ . . . . .	40
4.2	K izpeljavi enačbe za ekstinkcijo . . . . .	42
4.3	Pot žarka skozi atmosfero . . . . .	42
4.4	K določitvi solarne konstante. Ob različnih višinah izmerimo solarno konstanto. Na absciso nanašamo pot skozi žarka skozi atmosfero, na ordinato pa $\ln j$ . Skozi meritve potegnemo premico. Presečišče z absciso nam da $\ln j_0$ . . . . .	44
4.5	Meritve višine Sonca na obzorjem. Merimo dolžino sence $d$ , če poznamo dolžino palice $v$ , lahko z lahkoto izračunamo višino $\alpha$ . . . . .	45
5.1	Postavitev meritve. Krompir je bil postavljen približno 30 m stran od kamere in 5 stran od izvira svetlobe. Postavljen je bil na vrtljivem stolu. Merili smo odbito svetlobo v odvisnosti od kota $\theta$ . . . . .	48
5.2	Miha med meritvijo. Zada je Telematorjeva montaža, na kateri je CCD kamera. . . . .	49
5.3	Sprememba sija pri enakomerno osvetljenem elipsoidu. Kot je podan v radianih . . . . .	49

5.4	Meritve spremembe sija krompirja. $\diamond$ označuje prvo serijo, $\bullet$ drugo, $\circ$ pa tretjo. Kot je podan v stopinjah. . . . .	50
6.1	Značilna oblika svetlobne krivulje kefeid. Po strmem dvigu, sledi položnejši pad sija. . . . .	53
6.2	Svetlobna krivulja Mire nekako od 1990 do 1998. Mira je tipična predstavnica dolgoperidičnih spremenljivk. Ne perioda ne amplituda nista stalni, ampak se spreminjata. Čas je podan v julijanskem datumu . . . . .	54
6.3	Značilna svetlobna krivulja eklipsnih spremenljivk. Značilna sta dva minimuma, primarni in sekundarni. . . . .	56
6.4	Shematski prikaz eklipsne spremenljivke. Ko manjša in temnejša zvezda doseže točko 1, pade svetlobna krivulja v primarni minimum. Točka 2 ustreza sekundarnemu minimumu . . . . .	56
6.5	Svetlobna krivulja $\beta$ Lire. Kot za vse eklipsne spremenljivke sta tudi tu izrazita dva minimuma: primarni in sekundarni. . . . .	57
6.6	Kontaktno dvozvezdje tipa W UMa. Slika je narejena s pomočjo programa <i>Nightfall</i> . . . . .	58
6.7	Metoda ocenjevanja sija spremenljivke po Argelandrovi metodi. . . . .	61
6.8	Primer AAVSO-jeve zvezdne karte za spremenljivko R CrB . . . . .	63
6.9	Opazovanje primarnega minimuma eklipsne spremenljivke RZ Cas z 18/19 avgust 1998. Opazoval M. Pust z binokularjem 7x50. . . . .	65
6.10	Primarni minimum eklipsne spremenljivke W UMa. Opazovanje je bilo narejeno z CCD kamero ST-6 in 25 cm teleskopom na observatoriju Golovec. Opazovali so B. Dintinjana, N. Štritof in M. Pust. . . . .	69
8.1	Slika tirnic, ki sva jih dobila pri simulaciji gibanja asteroida po Osončju. . . . .	87
8.2	M13, 16./16.8.2001, $f = 300$ mm, $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 10 minut. Foto: Andrej in Katja. . . . .	88
8.3	M45, 15./16.8.2001, $f = 300$ mm, $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 15 minut. Foto: Marko in Angelo. . . . .	88
8.4	H- $\chi$ , 15./16.8.2001, $f = 300$ mm, $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 10 minut. Foto: Žiga in Primož Pucelj. . . . .	89
8.5	NGC7000 (Severna Amerika), 15./16.8.2001, $f = 300$ mm, $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 15 minut. Foto: Nika in Teja. . . . .	89
8.6	CR399 (Obešalnik), 15./16.8.2001, $f = 300$ mm, $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 10 minut. Foto: Angelo in Marko. . . . .	90
8.7	Iridij. Foto: Teja. . . . .	90
9.1	Slike M27 in NGC7479 posnete s CCD kamero SBIG ST-6 in teleskopom LX200. . . . .	99
9.2	Kometa LINEAR/A2 in LINEAR WM1 posneta na taboru. Snemali so člani astrofoto skupine s CCD kamero SBIG ST-6 in teleskopom LX200. . . . .	105
9.3	Stefanov kvintet in NGC6949 posneta s CCD kamero SBIG ST-6 in teleskopom LX200. . . . .	106
10.1	ZHR Perzeidov.* . . . . .	118
10.2	ZHR $\kappa$ -Cignidov.* . . . . .	119
10.3	ZHR kompleksa rojev Akvaridov.* . . . . .	120

---

11.1	Segrevanje vode v odvisnosti od časa. . . . .	127
11.2	Ohlajanje vode v odvisnosti od časa. . . . .	128
11.3	Sprememba višine Sonca nad obzorjem tokom eksperimenta. . . . .	129
11.4	Risba Sonca 14.8.2001. . . . .	131
11.5	Risba Sonca 15.8.2001. . . . .	132
11.6	Risba Sonca 16.8.2001. . . . .	132
11.7	Jupiter, 14.8.2001 ob 2:50 UT, okular 40 mm, čas osvetljevanja 6 s. Foto: Stane Slavec, Tomaž Pust, Matej Drašler. . . . .	144
11.8	Eno od 165-tih posnetih slik. Uporabljene primerjalne zvezde so ozančene z A in B. . . . .	147
11.9	Potek sija primerjalnih zvezd. Opazimo, da se je sij manjšal proti jutru, kar pojasnimo s slabšimi opazovalnimi pogoji. Fluktuacije sija nam dajo neko informacijo o kakovosti meritve. . . . .	148
11.10	Svetlobna krivulja spremenljivke BD And 14/15 avgust 2001. Preseneča iz- redna podobnost s spremenljivkami tipa EA. Glede na podatke, bi pričakovali popolnoma drugačen potek sija. . . . .	149
11.11	Potek sija eklipsne spremenljivke RZ Cas v noči 17/18.8.2001. . . . .	151



# Uvod

Astronomsko društvo Javornik ob pomoči Zveze za tehnično kulturo Slovenije že več kot dve desetletji organizira mladinske astronomske taborne. Pričujoča knjižica je nastala na letošnjem taboru. Vsebinsko je sestavljena iz dveh delov. V prvem delu so podrobnejše opisane nekatere naloge in projekti, ki se del standardnega programa na taboru. Zamišljena je kot priručnik, ki bo olajšal delo tako udeležencem kot mentorjem.

Drugi del je poročilo, ki so ga napisali udeleženci tabora leta 2001. Delo na taboru je razdeljeno v skupine. Znotraj vsake skupine se udeleženci ukvarjajo z več raziskovalnimi projekti, o katerem nato napišejo poročilo. Glede na to, da je tabor trajal le osem dni, ne kaže podrobnejšega teoretičnega ozadja projektov. Poročila so bolj ali manj osredotočena na rezultate. Nekateri raziskovalni projekti so podrobnejše opisani v prvem delu.

Na tem mestu bi se še zahvalila vsem, ki so omogočili izvedbo tega in ostalih taborov. V prvi meri gre zahvala Zvezi za tehnično kulturo Slovenije. Brez njih taborov, in pričujoče knjižice, ne bi bilo.

Pri izvedbi letošnjega tabora pa so nam posredno ali neposredno pomagali še :

- Mestna občina Ljubljana, oddelek za kulturno in raziskovalno dejavnost.
- Tehnooptika Smolnikar d.o.o.
- Občina Idrija
- Mobitel d.d.

Posebna zahvala pa grem vsem mentorjem, tako tem na letošnjem taboru, kot vsem ostalim, ki so žrtvovali svoj čas in energijo z namenom, približati astronomijo mladim.

*Aram Karalič, Marko Pust*



# Del I

## Nekaj astronomskih projektov





# Predgovor

Tale skripta ima svoje začetke že davnega leta 1992. Takrat sem se odločil, da bom vse svoje zapiske, ideje, ki so se do tedaj valjali po raznih papirjih, mapah in zvezkih spravil v neko bolj berljivo obliko, ki bo namenjena predvsem udeležencem tabora. Tisto leto sem vodil splošno skupino, ukvarjali smo se z oddaljenostjo do Venere, malimi planeti, Soncem... Naslednje leto sem vodil skupino za spremenljivke in nastal je del o opazovanju spremenljivk. Potem pa dolgo časa ni bilo nič. Medtem sem tudi izgubil zapiske v Wordu, skratka zopet sem imel samo papirnato verzijo. Leta 1999 sem se temeljito lotil prenove skripte. Praktično vse vaje sem na novo napisal, začel sem delati v L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xu ...

Kljub novi obliki, je osnovni namen skripte ostal isti - kot pripomoček, predvsem Splošni skupini, na Mladinskem astronomskem taboru. Pisana je bolj ali manj za nivo srednješolskega znanja. Mogoče nekateri deli malce presegajo srednješolsko znanje, vendar se lahko le-te brez težave spusti. Vaje prav tako niso napisane kot kuharski priročnik. V večini primerov je podana ideja in teoretično ozadje. Sama izvedba vaj naj bo prepuščena mentorjem oziroma bralcem. Vse to je namreč odvisno od opreme, ki je na voljo iznajdljivosti in še marsičesa.

Rad bi še povedal, da je skripta še vedno ni dokončana. Še veliko nalog in idej leži po predalih. Upam, da bodo nekoč ugledale luč sveta.

Na prvem mestu bi se rad zahvalil Zvezi za tehnično kulturo Slovenije. Že več kot dve desetletji nas podpirajo in stojijo za nami. Brez njih taborov ne bi bilo in tudi te skripta ne.

Nenazadnje gre zahvala mojim puncam - Zorani, Nini in Lari. Hvala, ker mi omogočate, da počnem tisto, kar rad počnem.

V Ljubljani, november 2001.

Marko Pust

e-mail : marko.pust@uni-lj.si



# Poglavje 1

## Vaje za ogrevanje

### 1.1 Spoznavanje ozvezdij

#### 1.1.1 Praktični del

S pomočjo zvezdne karte poišči znana ozvezdja: Veliki voz, Mali voz ter zvezdo Severnico. Nato poišči še značilna ozvezdja poletnega neba : Laboda, Orla, Liro, Škorpiona ter cirkumpolarni ozvezdji Kasiopeje in Keфеja. Izberi si eno ozvezdje in ga skiciraj. Skušaj razdeliti zvezde po svetlosti.

#### 1.1.2 Teoretični del

Vsak objekt na nebesni sferi ima določeno lego. Na Zemlji opišemo lego kraja z zemljepisno širino in dolžino. Podobno je z opisom nebesnih teles, le da namesto zemljepisne dolžine uporabimo **rektascenzijo** ( $\alpha$ ) namesto zemljepisne višine pa **deklinacijo** ( $\delta$ ).

Za vajo poišči rektascenzijo in deklinacijo naslednjih zvezd, ter izpolni tabelo 1.1.2 Premisli še o naslednjih stvareh :

- o Ali se koordinate nebesnih teles spreminjajo. Če se, v kolikšnem časi se spreminjajo? Kakšni so ti premiki?
- o Katera ozvezdja, in zakaj, ne moremo videti poleti? Ali je Orion med njimi?
- o Kako se nebesni svod vrti na severnem polu? Kako pa na ekvatorju?

### 1.2 Zorno polje in povečava teleskopa

Teleskope v grobem delimo v dva razreda. *Refraktorji* ali lečni teleskopi zbirajo svetlobo s pomočjo leč. Medtem, ko *reflektorji* oziroma zrcalni teleskopi uporabljajo zrcalo za zbiranje svetlobe. Izragdnja reletorjev je precej cenejša od izgradnje refraktorjev, v grobem pa imajo splošne karakteristike enake. Pomembne karakteristike teleskopa so :

**Premer** zrcala ali ogledala. Običajno ga označimo z  $D$

**Gorišče** objektiva:  $F$

**Gorišče** okularja :  $f$

Nebesno telo	rektascenzija	deklinacija	sij
$\alpha$ UMa			
$\beta$ UMa			
$\gamma$ UMa			
$\delta$ UMa			
$\varepsilon$ UMa			
$\xi$ UMa			
$\eta$ UMa			
$\alpha$ Aql			
$\beta$ Aql			
$\gamma$ Aql			
$\delta$ Aql			
$\theta$ Aql			
$\xi$ Aql			
$\lambda$ Aql			
$\alpha$ UMa			

**Povečava** teleskopa :  $M = \frac{F}{f}$

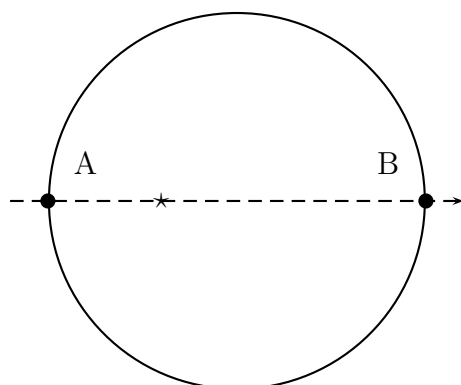
**Zorno** polje običajno označimo s  $\Phi$ .

Iz enčabe za povečavo  $M = \frac{F}{f}$  se lepo vidi, kako lahko spreminjamo povečavo teleskopa. Povečavo lahko povečamo, če vzamemo okular z manjšo goriščno razdaljo, ali pa če povečamo goriščno razdaljo objektiva - na primer z Barlow lečo.

### 1.2.1 Naloga

#### Povečava

S teleskopom poišči svetlo zvezdo in jo opazuj pri različnih povečavah. Začni najprej pri manjših nato pri večjih povečavah. Kaj opaziš? Nato poišči nek difuzen objekt, na primer kroglasto kopico M13 ali pa katero od plinskih kopic v Škorpionu, ter ponovno večaj povečave. Kaj opaziš. Katera je po tvojem optimalna povečava za opazovanje zvezd in opazovanje difuznih objektov?



Slika 1.1: Izmeriti je potrebno čas, ki ga potrebuje zvezda, da pride od točke A do B.

### Zorno polje

Zorno polje daljnogleda bomo merili pri različnih povečavah. Za vajo potrebuješ daljnogled s paralaktično montažo ter štoparico.

Telskop usmeriš k neki dovolj svetli zvezdi z znano deklinacijo. Zaradi navideznega vrtenja neba se bo zvezda v zornem polju daljnogleda premikala. Izmeriti moraš čas, v katerem bo zvezda prečkala sredino zornega polja (glej sliko 1.1). Zaradi natančnosti večkrat ponovi meritve in rezultate zapiši v tabeli 1.1.

Zvezda	Povprečni čas prečkanja	statistična napaka
Povečava 1		
Povečava 2		
Povečava 3		

Tabela 1.1: Primer tabele, kamor zapisuješ meritve.

Zorno polje teleskopa se izračuna po spodnji enačbi :

$$\theta = \omega \cdot \bar{t} \cos \delta \quad (1.1)$$

V zgornji enačbi je  $\bar{t}$  povprečje meritev iz tabele 1.1,  $\delta$  je deklinacija opazovane zvezde ter  $\omega$  kotna hitrost gibanja nebesne sfere. Mogoče še dodatno opozorilo : pri računanju bodi pozoren na enote.



# Poglavje 2

## Masa Jupitra

Dostikrat se vprašamo, kako znanstveniki vedo toliko stvari. Na primer kako izmerijo temperaturo na Soncu, oddaljenost do zvezd ali maso kakšnega planeta. Nekateri odgovori zahtevajo kar precej truda, drugi pa so nam praktično na dlani. V tej vaji si bomo pogledali, kako lahko določimo maso planeta. V bistvu gre za precej enostaven način, ki vseeno uspešno demonstrira metode meritev v astronomiji.

### 2.1 Uvod

Nekako 400 let nazaj je bilo glavno raziskovalno področje v astronomiji Osončje. Zvezde so bile nezanimive, galaksije so bile le neznatni oblaki na nebesnem svodu za katere še nihče ni slutil, da so to milijarde in milijarde zvezd. Planeti, ti so bili dosti bolj zanimivi. Znanstveniki so se spraševali zakaj se planeti gibljejo, katera sila jih žene in kako opišemo to gibanje. In ne samo v srednjem veku, ta vprašanja so si zasatvljali že antični astronomi.

Aristotel je 350 let pred našim štetjem postavil Zemljo v središče vesolja. Vsi planeti, vključno s Soncem, naj bi se vrteli okoli Zemlje. Ptolomej je skorajda pol tisočletja po Aristotlu izpopolnil njegovo teorijo. S svojimi epicikli je pojasnil retrogradno gibanje planetov. Z napovedmi, ki jih je dala njegova teorija, se je dalo pojasniti gibanja planetov v okviru tedanjih sposobnosti meritev. Zemlja je ostala v središču vesolja skoraj celo tisočletje - vse do Nikolaja Kopernika. Kopernik je postavil temelje heliocentrični teoriji<sup>1</sup>. Vedel je, da je Sonce precej večje od Zemlje in nekako bolj logično se mu je zdelo, da bi manjša telesa krožila okrog večjega kot obratno. Njegova teorija, pa kljub lepoti in enostavnosti, ni dajala tako natančnih napovedi kot Ptolomejeva. Za to so bila potrebna bolj natančna merjenja. Tycho Brahe je bil danski plemič in kraljevi astronom z zelo zanimivo zgodovino. Skoraj vse svoje življenje je posvetil opazovanju planetov. Razvil je nove tehnike meritev, s pomočjo katerih je za tisti čas z izredno natančnostjo lahko izmeril položaje planetov. Tik pred smrtjo se mu je pridružil mlad matematik, Johanes Kepler. S njim je delal le kratek čas - manj kot leto dni, vendar so mu po Brahovi smrti ostale njegove meritve. Začel jih je analizirati.

Kepler je iskal nebesne harmonije. Pet pravilnih geometrijskih teles<sup>2</sup>, je želel postaviti tako, da bi vsa ena znotraj drugega, vse pa bi obdajala krogla. Vsako od teh teles, naj

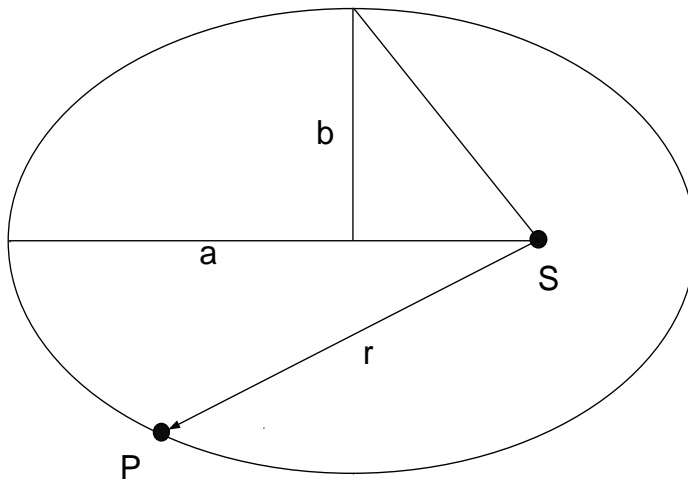
---

<sup>1</sup>Pravzaprav je o heliocentričnem sistemu je govoril že grški filozof Aristarh, približno 18 stoletij pred Kopernikom

<sup>2</sup>Najbolj znani dve sta naprimer enakostaranična piramida-tetrahedron in kocka

bi bilo povezano z orbito enega od planetov. Jasno, to mu ni uspelo. Prišel pa je do treh pomembnih empiričnih zaključkov. Prva dva je objavil v knjigi *Astronomia Nova* - (Nova astronomija) leta 1609. Tretjega pa v knjigi *Harmonices Mundi* - (Harmonija sveta) devet let kasneje. Danes jim pravimo **Keplerjevi zakoni**. Poglejmo si jih pobližje:

- **Prvi Keplerjev zakon** : Planeti se gibljejo po elipsah s Soncem v enem od gorišč.
- **Drugi Keplerjev zakon** : Zveznica, ki povezuje planet in Sonce, oriše v enakih časovnih intervalih enako površino.
- **Tretji Keplerjev zakon** : Kvadrat obhodnega časa je proporcionalen kubu veliko polosi elipse.



Slika 2.1: Na sliki je prikazana elipsa, po kakršni se gibljejo planeti. Vsaka elipsa ima dve gorišči - v enem izmed njih je Sonce

Kaj nam povedo Keplerjevi zakoni. Blizu prvega zakone je bil že Kopernik. On je dejal, da se planeti gibljejo po krožnicah. Krožnica je ena izmed možnih elips. Pravzaprav se ni niti dosti zmotil, saj je večina orbit planetov zelo podobna krožnicam. Strokovno temu rečemo, da imajo majhno **ekscetričnost**. Ekscentričnost meri sploščenost elipse in jo definiramo s sledečo enačbo :

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad (2.1)$$

Krožnica ima ekscentričnost  $e = 0$ , medtem ko ima elipsa  $e < 1$ . Kasneje je Isaac Newton tudi matematično opisal gibanje teles v gravitacijskem polju. Ugotovil je, da obstajata še dve možni krivulju, po kateri se lahko telesa gibljejo. Hiperbola je ena od teh, ta ima ekscentričnost  $e > 1$ . Na primer kar nekaj kometov se giblje po hiperbolah. Druga od teh krivulj pa je parabola, ki ima  $e = 1$ . Drugi Keplerjev zakon na prvi pogled izgleda dokaj nerazumljiv. Bolj razumljiv postane, če pogledamo vrtilno količino telesa. V splošnem



izračunamo vrtilno količino ( $\vec{L}$ ) vektroski produkt hitrosti gibanja planeta  $\vec{v}$  in njegovega radij-vektorja  $\vec{r}$ :

$$\vec{L} = m \cdot \vec{v} \times \vec{r} \quad (2.2)$$

Recimo, da nas zanima samo velikost vrtilne količine. Spomimo se definicije vektorskega produkta, ki pravi, da je velikost vektorja  $\vec{L}$  enaka ploščinini, ki jo objemata vektorja  $\vec{r}$  in  $\vec{v}$ . To pa je ravno ploščina, ki jo zveznica med planetom in Soncem ( $r$ ) opiše v nekem času! Sedaj je že bolj jasno: drugi Keplerjev zakon ni torej nič drugega kot zakon o ohranitvi vrtilne količine.

Tretji zakon je Kepler dobil, tako kot vse ostale, popolnoma empirično. Kot smo že omenili je Newton kasneje postavil fizikalne temelje gibanju teles. Newton je pravilno predpostavil, da je sila med dvema telesoma proporcionalna masi prvega in drugega telesa, ter obratno sorazmerna oddaljenosti med njima. To enačbo danes zapišemo:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \quad (2.3)$$

Velja pripomniti še, da sila kaže vedno v smeri zveznice med telesoma. Takšnim silam pravimo centralne sile. S pomočjo Newtonovega zakona (2.3) lahko popolnoma opišemo gibanje dveh teles povezanih z gravitacijo. Seveda lahko izračunamo tudi razmerje med kvadratom obhodnega časa ( $t_0$ ) in kubom ( $a$ ) velike polosi. Računi pokažejo, da je razmerje enako:

$$\frac{a^3}{t_0^2} = \frac{G \cdot (M + m)}{4 \cdot \pi} \quad (2.4)$$

V enačbi (2.3) in (2.4) je  $G$  gravitacijska konstanta. Z majhnim  $m$  običajno označimo maso lažjega telesa (na primer planeta), z velikim  $M$  pa maso težjega telesa - Sonca. V našem Osončju je ima Sonce precej večjo maso kot ostali planeti ( $M \gg m$ ), zato je razmerje v enačbi (2.4) res približno konstanto za vse planete.

### 2.1.1 Jupiter

Enačba (2.4) velja splošno za katerikoli dve gravitacijsko vezani telesu. Prav nobenega razloga ni, da je ne bi uporabili za Jupiter in njegove satelite. Pa ne samo za Jupiter, lahko jo uporabimo tudi za Saturn in njegove satelite, Uran in ne navsezadnje tudi za Zemljo in Luno.

Jupiter ima šestnajst satelitov. Večinoma so majhni, ujeti asteroidi. Zanimivi so štirje njegovi največji sateliti, ki jim odkril Galileo Galilei leta 1610. Zaradi tega jih dostikrat imenujemo Galilejevi sateliti. Imenujejo se po grški mitologiji: Io, Europa, Ganimed in Kalisto. V spodnji tabeli so zbrane njihove glavne karakteristike: Iz tabele 2.1 lahko razberemo, da se vsi štirje sateliti gibljejo praktično po krožnih orbitah ( $e \approx 0$ ) ter praktično v ekvatorialni ravnini Jupitra (zanemarljiva inklinacija). Geometrijo dodano poenostavi še manjšna nagnejenost Jupitrove osi vrtenja glede na ekliptiko. Naklon znaša le  $3^\circ$ . Ko opazujemo Jupitrove satelite jih vedno gledamo v ravnini kroženja. Zaradi tega so meritve precej lažje.

Ime	velika polos [km]	Obh. čas: $t_0$ [dni]	ekscentričnost: $e$	Inklinacija
Io	421.000	1.769	0.00	0.04
Evropa	670.900	3.551	0.01	0.47
Ganimed	1.070.000	7.155	0.00	0.19
Kalisto	1.883.000	16.689	0.01	0.28

Tabela 2.1: Glavne karakteristike štirih največjih Jupitrovih satelitov



Slika 2.2: Shematski prikaz Jupitra in njegovih štirih satelitov. Nekaj podobnega bi pokazal negativ, če bi Jupiter posneli skozi teleskop

## 2.2 Teorija

Kako se torej lotimo meritve? Za osnovo nam je enačba (2.4). Predvidevamo, da je masa satelita precej manjša od mase Jupitra, zato jo v enačbi zanemarimo. Enačbo (2.4) obrnemo tako, da na eni strani dobimo le maso Jupitra:

$$M = \frac{a^3 \cdot 4 \cdot \pi}{t_0^2 \cdot G} \quad (2.5)$$

Poznamo vse, razen velike polosi satelita<sup>3</sup> ter obhodnega časa. Če želimo določiti maso planeta, moramo ti dve količini izmeriti. Sedaj ko vemo kaj je potrebno meriti, si pogledjmo kako bomo to izmerili. Če bi dovolj dolgo opazovali Jupiter, merili položaje satelitov, ter nato meritve narisali na graf, bi dobili nekaj podobnega kot je na sliki 2.3. Jasno v praksi ne moremo meriti tako pogosto, da bi dobili tako lepo krivuljo. Poleg tega imajo naše meritve tudi določeno mersko napako, zaradi česar so točke bolj "raztresene". No ampak vseeno, časovno odvisnost položaja, ki je prikazan na sliki 2.3 opišemo s spodnjo funkcijo :

$$\theta = \theta_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad (2.6)$$

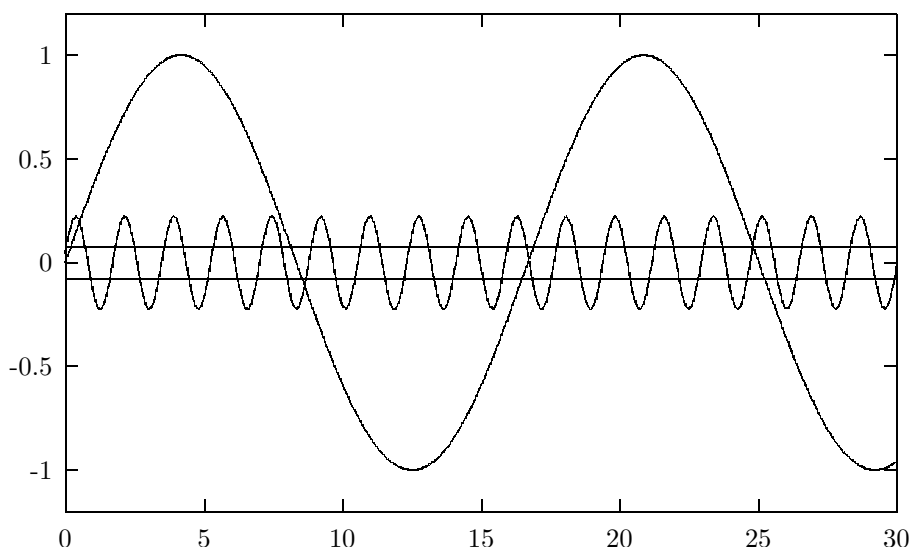
kjer je

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{t_0}$$

Na nebesni sferi ne moremo meriti neposredno meriti razdalje med dvema nebesnima objektoma. Lahko izmerimo zgolj kotno razdaljo. To smo v zgornju enačbi označili s  $\theta$ . Največja kotna oddaljenost med planetom in satelitom je torej  $\theta_0$ . Če želimo pretvoriti kotni razmik v veliko polos moramo poznati še razdaljo med Jupitrom in Zemljo; označimo jo z  $d$ .

$$a = d \cdot \sin \theta_0 \quad (2.7)$$

<sup>3</sup>V tabeli 2.1 smo videli, da imajo Jupitrovi sateliti majhno ekscentričnost. Zaradi tega je velika polos je kar identična polmeru krožnice, po kateri se gibljejo.



Slika 2.3: Sprememba položaj Evrope in Ganimeda glede na Jupiter v toku enega meseca

Če bi hoteli popolnoma pošteno izmeriti maso Jupitra, bi morali izmeriti tudi razdaljo med Jupitrom in Zemljo. To v principu ni težko. Poznati bi morali razdaljo med Soncem in Jupitrom, nekaj trigonometrije, izmeriti pa bi morali natančne položaje Jupitra in Sonca. Druga pot bi bila preko tretjega Keplerjevega zakona. V tem primeru bi morali izmeriti obhodni čas Jupitra. To pa nedvomno presega časovni okvir, ki ga imamo na voljo na taboru. Zato si bomo pomagali z efemeridami. Pri efemeridah planetov obstaja stolpec, ki se mu reče horizontalna paralaksa. Ta paralaksa, označimo jo s  $\pi$ , nam pove kot, pod katerim bi s tega planeta videli Zemljo. Pogledamo si paralakso Jupitra in potem ni težko izračunati oddaljenosti  $d$  :

$$d = R_z \cdot \sin \pi \quad (2.8)$$

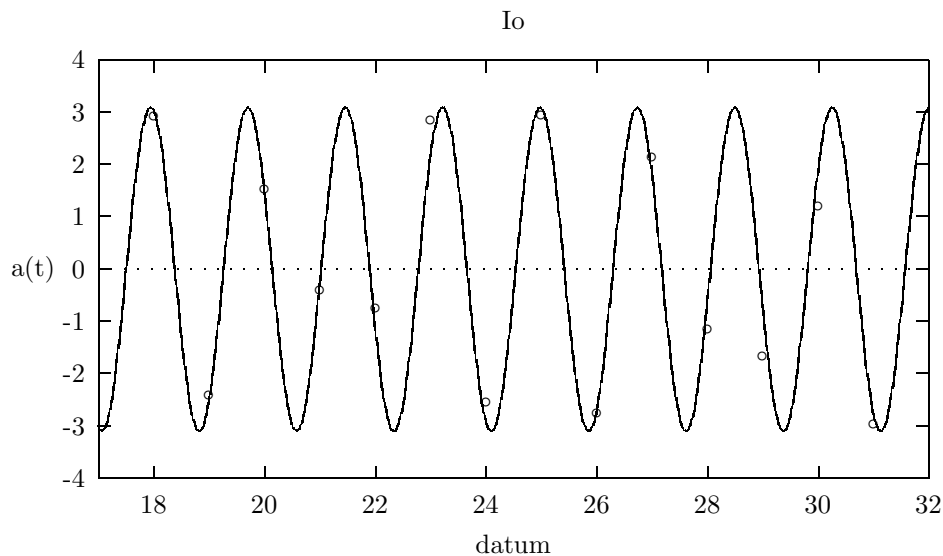
Z  $R_z$  smo označili polmer Zemlje. Ta znaša približno 6400km. Kako se sedaj stvari lotimo? Narediti moramo čim več meritev položaja enega, ali več, Jupitrovih satelitov. Nato narišemo graf, nekaj podobnega kot je slika 2.4, ter skozi potegnemo sinusoido. Iz grafa razberemo  $\omega$  ter  $\theta_0$ . S pomočjo enačb (2.8) in (2.7) izračunamo veliko polos. Iz enačbe (2.5) nato ni težko izračunati mase Jupitra.

Oboroženi z vsem tem znanjem in enačbami se lahko lotimo meritev.

## 2.3 Meritve

Meritve so, kot ponavadi, težji del naloge. Zapustiti moramo svinčnik in papir, se toplo obleči in se odpraviti za teleskop.

Na voljo imamo tri metode kako se bomo lotili meritev. Prav v podrobnosti se na tem mestu ne bomo spuščali, saj je sama tehnika meritev v veliki meri odvisna od opreme, ki jo imamo na voljo. Seveda je tu tudi dovolj prostora za improvizacijo in iznajdljivost posameznika.



Slika 2.4: Simulacija meritev položaja Io v avgustu 1999. Meritve so označene s točkami. Krivulja, ki se najbolj prilega meritvam je dobljena s pomočjo numeričnih metod. Simulacija je bila narejena s pomočjo programa CLEA.

### 2.3.1 Posredno merjenje

**Prva**, najenostavnejša in najhitrejša pot, je risanje. Vzamemo svinčnik in papir in enostavno narišemo satelite. Še prej si s šestilom narišemo krog, ki bo ponazarjal vidno polje teleskopa. Ni potrebno poudarjati, da je potrebno položaje satelitov narisati kar se da natančno. Kako bomo to dosegli, je odvisno od improvizacije in iznajdljivosti o kateri smo prej govorili. Še najbolje je, da uporabimo okular, ki ima merilo. Razdaljo lahko ocenjujemo tudi tako, da si vzamemo za enoto premer Jupitrove ploskve...Za umeritev lahko vzamemo bodisi zorno polje okularja ali premer Jupitrove ploskve. Zorno polje okularja dobimo s pomočjo enačbe :

$$\vartheta = \frac{\vartheta_{ok}}{M},$$

kjer je  $\vartheta_{ok}$  zorno polje okularja,  $M$  pa povečava teleskopa. Pri vsem tem se moramo zavedati, da bodo napake tem večje, čim dalj bo satelit oddaljen od Jupitra.

**Druga metoda** je fotografiranje Jupitra. Ta nedvomno poveča natančnost meritev. Namesto okularja pričvrstimo na teleskop fotoaparatus in snemamo. Takšnemu načinu snemanja pravimo snemanje v primarnem fokusu. Prednost snemanja je seveda to, da lahko na posnetih negativih ali fotografijah dokaj natančno izmerimo položaje satelitov. Zorno polje na filmu na poda naslednja enačba:

$$\vartheta = 2 \cdot \arctan \frac{d}{2 \cdot F} \quad (2.9)$$

V tej enačbi (2.9) je  $d$  velikost diagonale negative ter znaša  $43.2\text{mm}$ . S  $F$  označimo goriščno razdaljo optičnega sistema. Enačbo lahko gledamo tudi drugače - lahko se vprašamo kakšen je premer Jupitrove ploskvice na negativu in oddaljenost satelitov, če snemamo na primer s Celestronom 8. Goriščna razdalja C8 je  $2000\text{mm}$ . Preprost račun

pokaže, da bi bil Ganimed v svoji najbolj oddaljeni legi slabih 10mm oddaljen od Jupitra. Premer Jupitrove ploskve bi na negativu znašal nekaj manj kot 1mm. Zaradi tega ne bomo merili razdalj na negativu ali filmu, temveč bo potrebno z diaprojektorjem projicirati negativ.

### 2.3.2 Neposredno merjenje

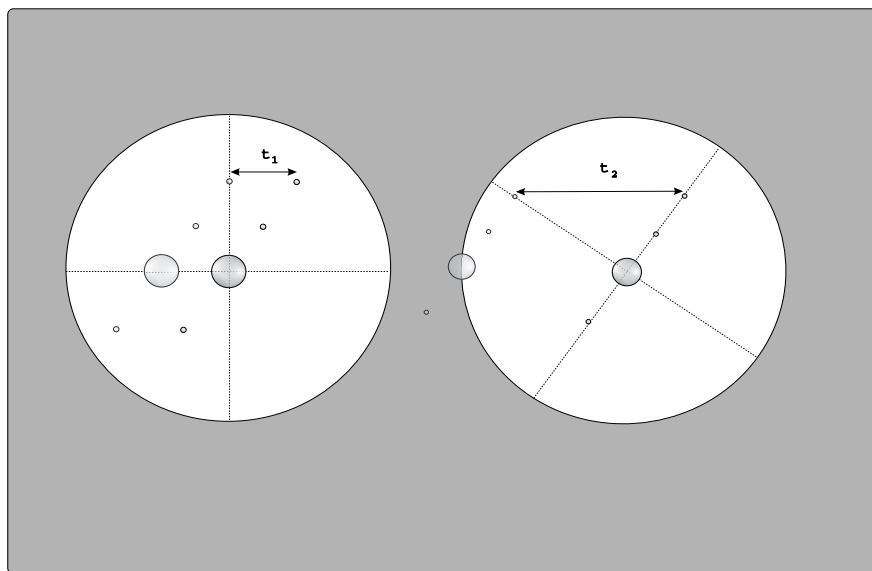
Mogoče je naslov zavaajajoč - ne bomo šli na Jupiter in izmerili razdalje. Obstaja drug način, pri katerem lahko neposredno izmerimo razdaljo in sicer zgolj s štoparico.

Če s teleskopom opazujemo Jupiter, ali katero koli drugo nebesno telo, opazimo da sčasoma pobegne iz zornega polja. To je posledica vrtenja Zemlje. Ideja meritve je v tem, da merimo čas v katerem se telo premakne od ene do druge točke. Ker vemo, kako hitro se Zemlja vrti ( $360^\circ$  na dan), lahko izračunamo, kakšen je kot med tema dvema točkama. Upoštevati moramo še deklinacijo :

$$\vartheta = \omega_0 \cdot t \cdot \cos \delta \quad (2.10)$$

Čas  $t$  izmerimo,  $\omega_0$  je kotna hitrost vrtenja Zemlje in znaša  $14.05''/s$ ,  $\delta$  pa je deklinacije nebesnega objekta, ki ga opazujemo - v našem primeru je to Jupiter. Deklinacijo najdemo v efemeridah.

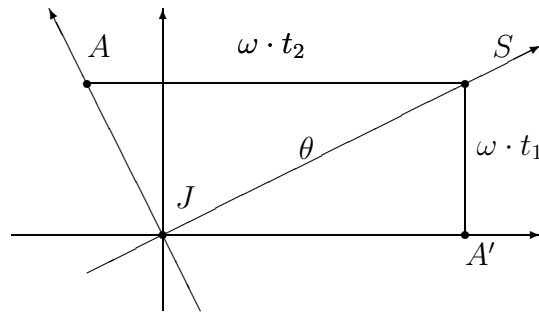
Za vsak satelit, ki mu želimo določiti razdaljo, naredimo dve meritvi. Najprej postavimo okular z nitnim križem tako, da je ena od nitk vzporedna s smerjo gibanja Jupitra. Teleskop premaknemo tako, da druga nitka v nitnem križu prekriva satelit (glej sliko 2.5).



Slika 2.5: Postavitvi zornega polja pri obeh meritvah.

Izklopimo vodenje in začnemo štopati. Štoparico ustavimo, ko pride Jupiter do sredine. Čas, ki smo ga tako izmerili označimo s  $t_1$ .

Nato okular zasučemo tako, da prekriva linijo po kateri se gibljejo Jupitrovi sateliti. Tokrat izmerimo čas, ki ga satelit potrebuje za pot med dvema nitkama nitnega križa. To meritev označimo z  $t_2$ . Želimo poznati kotni razmik med Jupitrom in satelitom -



Slika 2.6: Geometrija meritve

označimo ga s  $\theta$ . Izmerili pa smo dve drugi količini : kota  $\omega \cdot t_2$  in  $\omega \cdot t_1$ . Zvezo med temi meritvami dobimo s pomočjo slike 2.6. Točka  $J$  označuje položaj Jupitra,  $S$  pa satelita. Iz slike je razvidno, sta si trikotnika  $\overline{SAJ}$  in  $\overline{SA'J}$  podobna. Med njunima stranicama velja razmerja  $\frac{\omega \cdot t_1}{\theta} = \frac{\theta}{\omega \cdot t_2}$ . Od tod sledi, da je kotni razmik med Jupitrom in satelitom enak :

$$\theta = \omega_0 \cdot \cos \delta \cdot \sqrt{t_1 \cdot t_2} \quad (2.11)$$

In to je to. Meritve imamo, sedaj si moramo le še ogledati kako iz teh meritev dobimo praktične rezultate.

## 2.4 Obdelava meritev

Tega razdelka ni potrebno brati, če imate vsaj 300 meritev zbranih v roku enega tedna. Vendar ponavadi ni tako. Matematika je eno, opazovanje drugo. Drži pa splošno pravilo - več meritev kot imamo boljše je.

Recimo, da imamo  $n$  meritev, ki jih označimo  $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$  ob časih  $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ . Če je meritev dovolj, da lahko narišemo takšen graf kot je 2.4, potem ni problemov. Iz grafa razberemo maksimalno amplitudo  $\theta_0$ . Ko poznamo  $\theta_0$  postopek naprej ni težak. Frekvenco kroženja dobimo iz :

$$\omega = \frac{2\pi}{t_0} = \frac{\arccos \frac{\theta_1}{\theta_0} - \arccos \frac{\theta_2}{\theta_0}}{t_1 - t_2} \quad (2.12)$$

V zgornji enačbi so  $\theta_1$  in  $\theta_2$  ter  $t_1$   $t_2$  zaporedne meritve. Lahko uporabimo tudi druge meritve in izračunamo povprečno vrednost frekvence in statistično napako.

Težave nastopijo, če meritev ni dovolj ali pa niso raztegnjene čez dovolj velik časovni interval . To pomeni, da skozi meritve ne moremo potegniti grafa kot je na sliki 2.4. V enačbi (2.6) ne moremo izračunati  $\omega$ , če ne poznamo  $\theta_0$ ,  $\theta_0$  pa bi lahko izračunali, če bi poznali frekvenco. Izgleda, kot da smo v slepi ulici.

Vendar ne kaže vreči puške v koruzo. Na pomoč nam priskoči matematika in *metoda najmanjših kvadratov*. Metoda najmanjših kvadratov je matematični postopek, s pomočjo katerega lahko določimo koeficiente v modelski funkciji s katero lahko najbolj opišemo meritve. Če imamo meritve, ki jih želimo opisati s premico, nam metoda najmanjših kvadratov izračuna premico, ki se najbolj prilaga meritvam.

V našem primeru sta je modelska funkcija opisana z enačbo (2.6), modelski parametri pa so  $\theta_0$ ,  $\omega$  in  $\varphi$ . Na razpolaga imamo meritve  $\theta_i$  ob času  $t_i$  z mersko napako  $\sigma_i$ . Iz tega

tvorimo  $\chi^2$  funkcijo :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\theta_i - \theta_0 \cdot \cos(\omega \cdot t_i + \varphi)}{\sigma_i} \right]^2 \quad (2.13)$$

Dolčiti moramo takšne  $\theta_0$ ,  $\omega$  in  $\varphi$ , da bo funkcija  $\chi^2(\theta_0, \omega, \varphi)$  najmanjša. Na žalost se enačbe (2.13) ne da linearizirati. To pomeni, da jo moramo reševati numerično. Takšne probleme rešujemo z *Levenberg-Marquardovo* metodo<sup>4</sup>. Lahko si pomagamo tudi na drug, primitivnejši in procesorsko zahtevnejši način.

Napisati moramo program, ki bo za različne parametre  $\theta_0$ ,  $\omega$  in  $\varphi$  računal  $\chi^2$  in iskal najmanjšo vrednost. Gre za preprost program, kamor damo tri *for* zanke. Področje kjer naj program išče minimum lahko smiselno izberemo. Ni ravno treba da nam išče periode v področju ur. Natančnost rezultata je odvisna od koraka, ki si ga bomo izbrali. Poleg tega ne moremo biti vedno popolnoma prepričani, da je minimum  $\chi^2$  res tisti pravi. To zna biti včasih malce nerodno, zato moramo na koncu vedno narisati modelsko funkcijo skupaj z meritvami ter na oko oceniti uspešnost rezultata.

---

<sup>4</sup>Za podrobnejše informacije pogledj na primer *Numerical Recipes*





# Poglavje 3

## Oddaljenost do Lune

Ste se kdaj spraševali koliko časa bi človek potreboval peš do Lune. Ali pa, koliko časa bi se vozil z avtom. No, to ni težko izračunati, če vemo kako daleč je Luna. Pogledamo v knjige in je. Ja res je, ampak kako avtorji knjig vedo kako daleč je Luna. Očitno je nekdo nekoč to izmeril.

V današnjem času, polnem sodobne tehnologije, se to niti ne zdi takšen tehnološki dosežek. Na Luno postavimo zrcalo, nato z Zemlje usmerimo nanj kratek laserski pulz in izmerimo čas, v katerem se pulz vrne na Zemljo. Sliši se enostavno, vendar izvedba zahteva kar nekaj truda. Če ne drugega moramo iti na Luno in postaviti zrcalo. V nadaljevanju si bomo pogledali, kako lahko izmerimo razdaljo do Lune, ne da bi postavili zrcalo na Luno.

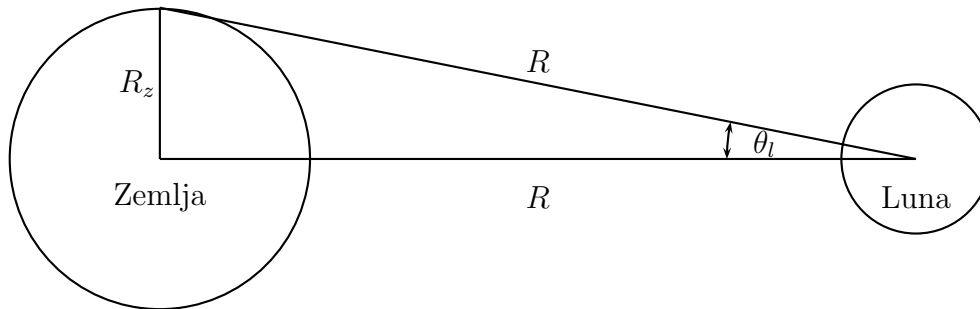
### 3.1 Uvod

Osnova za merjenje oddaljenosti v astronomiji je tako imenovana **paralaksa**. S pojmom paralaksa označujemo kot, ki ga nebesno telo naredi glede na oddaljene zvezde, če se premaknemo iz eno točke v drugo. V literaturi [1] zasledimo več vrst paralaks. Za naše potrebe se bomo osredotočili na **horizontalno ekvatorsko paralakso**. Horizontalna ekvatorska paralaksa Lune je kot, pod katerim vidimo Zemljo z Lune. Shematsko je to prikazano na sliki 3.1. Z paralakso Lune ( $\theta_l$ ), je oddaljenost enolično določena.

$$R = \frac{R_z}{\tan \theta_l} \quad (3.1)$$

V zgornji enačbi je  $R_z$  polmer Zemlje, ki znaša približno 6400 km. Včasih v zgornji enačbi nastopa funkcija sinus, včasih pa jo kar napišejo :  $R = R_z/\theta_l$ . Oboje je prav, le v slednjem primeru je potrebno podati kot  $\theta_l$  v radianih. Kot  $\theta_l$  je namreč tako majhen, da velja  $\tan \theta_l \simeq \sin \theta_l \simeq \theta_l$ .

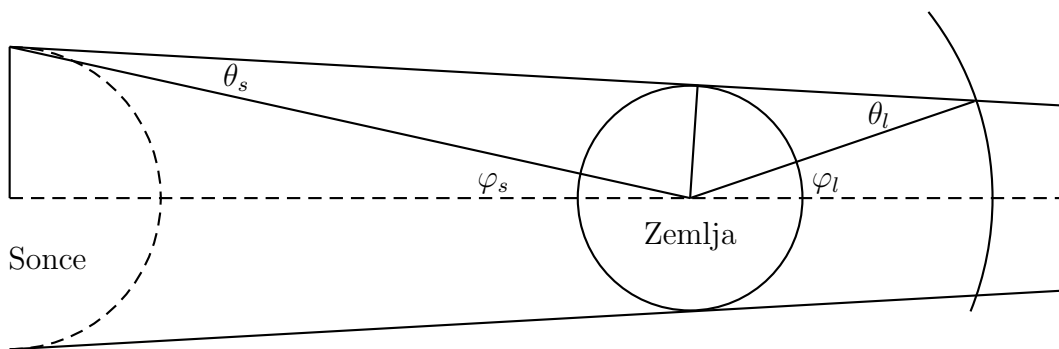
Naloga se zdi lahka - izmeriti moramo Lunino paralakso in s pomočjo enačbe (3.1) določiti oddaljenost. Paralakso lahko izmerimo na več načinov. Lahko si pomagamo z oklutacijami, merimo položaj Lune z dveh različnih položajev na Zemlji ali merimo navidezni premer Lune tokom meseca. Pri naši vaji se bomo poslužili metode pri kateri se da določiti paralakso pri popolnem Luninem mrku.



Slika 3.1: Ekvatorska paralaksa Lune je kot, pod katerim vidimo ekvatorski polmer Zemlje, če bi ga gledali z Lune.

## 3.2 Teorija

Grški astronom Hiparh je bil prvi, ki je postavil tezo o heliocentričnem sistemu. K temu so menda v veliki meri pripomogle njegove meritve oddaljenosti Sonca in Lune. Vedel je, da je Sonce precej bolj oddaljeno od Zemlje kot Luna. Ker ima navidezni premer skorajda enak kot Luna, je pravilno sklepal da je precej večje od Lune ter od Zemlje. V naši vaji se bomo uporabili metodo, s pomočjo katere je Hiparh določil oddaljenost do Lune. Hiparh

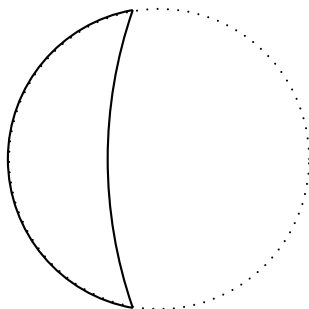


Slika 3.2: Razmerje med koti Sonca Zemlje in Lune pri popolnem Luninem mrku.

je poznal preprosto pravilo za kote med Soncem, Zemljo in Luno (slika 3.2):

$$\theta_s + \theta_l = \varphi_s + \varphi_l \quad (3.2)$$

V  $\theta_l$  takoj prepoznamo našo Lunino paralakso, ki jo želimo nekako izmeriti. Očitno je  $\theta_s$  nekaj podobnega - pravimo ji Sončeva paralaksa. To je kot, pod katerim bi videli Zemljo s Sonca. Ta kot je precej manjši od Lunine paralakse, zato ga lahko kar zanemarimo. Ostane nam torej samo še kot  $\varphi_l$ . Če pogledamo sliko 3.2, da je to kot, ki ga oklepa Zemljina senca na oddaljenosti Lune. In kje lepše vidimo Zemljino senco, kot pri Luninem mrku.



Slika 3.3: Shematski prikaz slike Luninega mrka

### 3.3 Meritve

Sedaj vemo kakšen je postopek. Najprej izmerimo navidezni premer Sonca. Nato počakamo na Lunin mrk, ter izmerimo še polmer Zemljine sence. Iz enačbe (3.2) izračunamo Lunino paralakso, ter nato iz enačbe (3.1) še oddaljenost.

Težava je samo ena. Na taborih običajno ni Luninega mrka. Zato si bomo pomagali še z poprej narejenimi posnetki. Pri tem bomo se bomo oprli na dve metodi določevanja velikosti sence : *grafično* in *matematično*. Pri obeh metodah s pomočjo diap projektorja projeciramo sliko Luninega mrka na steno.

#### 3.3.1 Grafična metoda

Grafična metoda je preprosta, zahteva le nekaj natančnosti. V srednji šoli so nas učili, da gre simetrala poljubne tetive na krožnici čez središče krožnice. To znanje uporabimo pri naši vaji.

Slika, ki jo bomo projecirali na steno bo izgledala nekaj takega, kot je shematsko prikazano na sliki 3.3 ali na sliki 3.4. Na robu ploskve Zemljine sence si izberemo nekaj točk. Skozi te točke potegnemo tetive ter nato naredimo simetrale tetiv. Če smo bili dovolj natančni se bodo vse simetrale sekale v eni točki - v središču ploskve Zemljine sence. Ampak v praksi ne bo tako. Razlogov za to je več: od tega do točke na robu Zemljine sence niso bile dovolj dobro izbrane do natančnosti pri določevanju simetral in vlečenju premic. Pa nič zato. Na oko določimo najbolj optimalno točko, raztresenost ostalih točk pa uporabimo kot merilo za napako. Nato le še izmerimo oddaljenost središča do krožnice. To je sedaj naš polmer Zemljine sence ( $r_z$ ). Postopek ponovimo še Lunino krožnico. Tu bi morali biti rezultati natančnejši, saj je rob Lunine ploskvice boljše definiran. To meritev označimo z  $r_l$ . Velikost Zemljine sence v ločnih minutah dobimo kot razmerje premerov ploskvic, pomnoženim s kotno velikostjo Lune  $\phi_l$ :

$$\varphi_l = \phi_l \cdot \frac{r_z}{r_l} \quad (3.3)$$

Mimogrede lahko ocenimo še napako, ki smo jo naredili pri meritvi. Recimo, da je napaka pri določevanju polmera Zemljine sence  $\Delta r_z$  in Lunine ploskve :  $\Delta r_l$ . Izračunamo ustrezne relativne napake :  $\sigma_l = \frac{\Delta r_l}{r_l}$  ter  $\sigma_z = \frac{\Delta r_z}{r_z}$ . Ustrezna relativna napaka pri kotnem premeru

je kar vsota relativnih napak. Rezultat torej zapišemo :

$$\varphi_l = \phi_l \cdot \frac{r_z}{r_l} \cdot (1 \pm (\sigma_z + \sigma_l))$$

### 3.3.2 Matematična metoda

V kartezičnih koordinatah zapišemo enačbo krožnice kot :

$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = r^2 \quad (3.4)$$

Z enačbo smo zapisali naslednjo trditev : vse točke  $(x, y)$ , ki zadoščajo enačbi (3.4), ležijo na krožnici, ki ima središče v točki  $(x_c, y_c)$  in polmer  $r$ . Krožnica je enolično definirana z vsaj tremi točkami, ki ne ležijo na isti premici.

Kaj to pomeni v praksi? Če si bomo na naši krožnici izbrali tri poljubne točke, bi morali s pomočjo enačbe (3.4) dobiti parametre krožnice - koordinate središča in polmer. Izberemo si tri točke, ki ležijo na robu kroga Zemljine sence :

$$T_1 = (x_1, y_1) \quad T_2 = (x_2, y_2) \quad T_3 = (x_3, y_3)$$

Enačba (3.4) mora veljati za vsako od teh točk :

$$\begin{aligned} (x_1 - x_c)^2 + (y_1 - y_c)^2 &= r^2 \\ (x_2 - x_c)^2 + (y_2 - y_c)^2 &= r^2 \\ (x_3 - x_c)^2 + (y_3 - y_c)^2 &= r^2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Dobili smo sistem treh enačb z tremi neznankami. Odštejemo prvo od druge in tretjo od druge, malce preuredimo ter dobimo :

$$\begin{aligned} x_c \cdot (x_1 - x_2) + y_c \cdot (y_1 - y_2) &= \frac{1}{2} \cdot (x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2) \\ x_c \cdot (x_3 - x_2) + y_c \cdot (y_3 - y_2) &= \frac{1}{2} \cdot (x_3^2 - x_2^2 + y_3^2 - y_2^2) \end{aligned} \quad (3.6)$$

Sistem enačb (3.6) je kot naročen za numerično reševanje. Lotimo se ga lahko s programi kot je *Matlab* ali *Mathematica*. Tudi malce boljši kalkulator, kot je na primer HP-48, mu bo zlahka kos. Za tiste, ki ne marajo numeričnega računanja in jim to ni dovolj, napišemo še rešitev enačb (3.6) :

$$x_c = \frac{(y_3 - y_2) \cdot (x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2) - (y_1 - y_2) \cdot (x_3^2 - x_2^2 + y_3^2 - y_2^2)}{2 \cdot ((x_2 - x_1) \cdot (y_3 - y_2) - (x_3 - x_2) \cdot (y_1 - y_2))} \quad (3.7)$$

ter

$$y_c = \frac{(x_3 - x_2) \cdot (x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2) - (x_2 - x_1) \cdot (x_3^2 - x_2^2 + y_3^2 - y_2^2)}{2 \cdot ((x_3 - x_2) \cdot (y_3 - y_2) - (x_2 - x_1) \cdot (y_3 - y_2))} \quad (3.8)$$

Sedaj ko poznamo koordinate središča lahko iz enačb (3.5) izračunamo še polmer Zemljine sence. Najverjetneje bomo dobili različne rezultate, vendar naj nas to ne moti - izračunamo povprečje in določimo statistično napako.

Če poznamo goriščno razdaljo s katero je bil posnet diapozitiv mrka, lahko kar neposredno določimo kotni polmer Zemljine sence. Izmerimo kakšna je velikost projecirane



Slika 3.4: Fotografija Luninega mrka.

slike diapozitiva in jo označimo z  $D$ . Velikost Zemljine sence na diapozitivu dobimo iz preprostega razmerja :

$$r'_z = r \cdot \frac{d}{D} \quad (3.9)$$

Pri običajnem filmu formata laica je daljša stranica na negativu  $d$  enaka 36mm. Kotni premer Zemljine sence nato dobimo s pomočjo enačbe :

$$\varphi_l = 2 \arctan \frac{r'_z}{F} \quad , \quad (3.10)$$

kjer je  $F$  goriščna razdalja sistema s katerim smo posneli negativ.

Če podatkov o goriščni razdalji nimamo, potem moramo ponoviti celoten postopek tudi za rob Lunine ploskve. Kotni premer Zemljine sence določimo tako kot pri grafični metodi s enačbo (3.3). Ni nujno, da si izberemo samo tri točke. Lahko si izberemo šest, devet ali več točk in za vsako trojico posebej izračunamo središče in polmer in nato določimo statistično napako.

### 3.3.3 Priloga

V prilogi je izpisek programa napisanega v *Matlabu*, ki smo ga leta 1999 uporabili na Mladinskem astronomksem taboru. Z točkami  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$  in  $(x_3, y_3)$  so podane meritve, program pa vrne polmer objekta  $r_1$ ,  $r_2$  in  $r_3$ .

```
x1=0.8; y1=9;  
x2=6; y2=18.2;  
x3=0.8; y3=10;
```

```
a11=x1-x2;  
a12=y1-y2;  
a21=x3-x2;  
a22=y3-y2;
```

```
v1=0.5*(x1^2-x2^2+y1^2-y2^2);  
v2=0.5*(x3^2-x2^2+y3^2-y2^2);
```

```
v=[v1; v2];  
A=[a11 a12; a21 a22];
```

```
x=A\v
```

```
r1=sqrt((x1-x(1))^2+(y1-x(2))^2)  
r2=sqrt((x2-x(1))^2+(y2-x(2))^2)  
r3=sqrt((x3-x(1))^2+(y3-x(2))^2)
```

# Poglavje 4

## Solarna konstanta

### 4.1 Uvod

Opazovanje Sonca je nedvomno eno manj zahtevnejših astronomskih opazovanj, saj praviloma ne potrebujemo velikih teleskopov in drage merilne opreme. V tej vaji si bomo pogledali, kako izmerimo solarno konstanto, še pred tem pa, kaj to sploh je.

Sonce, tako kot vsaka zvezda, oddaja energijo. V to ni potrebno nikogar prav preveč prepričevati, samo pomislimo kako nam je včasih prijetno toplo na soncu. Moč, ki jo Sonce seva v vesolje je grozljivo velika. V številkah bi zapisali, da je moč, ki jo izseva Sonce  $6 \cdot 10^{26} \text{ W}$ . Tega si pravzaprav niti ne znamo predstavljati. Vendar le del izsevane energije pride na Zemljo. Sonce seva v vse smeri enako. Zaradi tega gostota energije, to je moč na enoto površine, pada z razdaljo.

$$j_{\odot} = \frac{P_{\odot}}{4\pi r^2}$$

Če v zgornji enačbi nadomestimo  $r^2$  z oddaljenostjo Zemlje od Sonca, dobimo vrednost  $j_{\odot} \simeq 1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ . Tej vrednosti pravimo **solarna konstanta**. Natančne satelitske meritve so sicer pokazale, da vrednost  $j_{\odot}$  pravzaprav ni konstanta, temveč se spreminja tekom Sončevega cikla. Vendar je izraz solarna konstanta ostal, če ne zaradi drugega iz zgodovinskih razlogov.

Naša meritev solarne konstante bo sestavljena iz treh korakov. Najprej bomo izmerili prvi približek solarne konstante, ki ga bomo označili z  $j'_0$ . Prvi približek ga imenujemo zato, ker ne bomo upoštevali izgub. Naslednji, boljši približek ( $j''_0$ ), bo že upošteval toplotne izgube med samo meritvijo. Nazadnje bomo upoštevali še slabljenje svetlobe pri poti skozi ozračje. Strokovno temu pravimo **ekstinkcija**. Ta približek ( $j_0$ ), pa bi moral biti že kar primerljiv s pravo vrednostjo solarne konstante.

### 4.2 Teorija

#### Prvi približek

Solarno konstanto bomo izmerili s pomočjo kalorimetra. V splošnem je kalorimeter merilna naprava, s katero lahko merimo dovedeno toploto. Naš kalorimeter bo bolj enostaven - črno prebarvan valj, napolnjen z vodo.

Takšen kalorimeter zatem postavimo na sonce. Ker Sonce greje vodo v kalorimetru, se bo le-ta segrevala. Če izmerimo koliko se je voda segrela v nekem časovnem intervalu, znamo izračunati tudi koliko toplote smo dovedli. Dovedeno toplota znamo zapisati brez večjih težav :

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (4.1)$$

Kjer je  $m$  masa vode v valju in znaša :

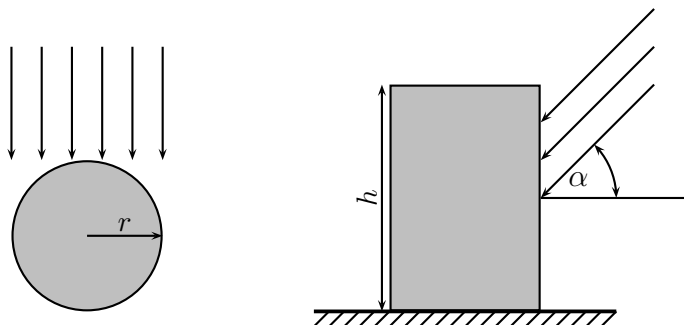
$$m = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho$$

V enačbi sta  $h$  in  $r$  višina in polmer valja,  $\rho$  pa je gostota vode. Ostane nam še  $c_p$ , specifična toplota pri konstantnem tlaku, ki pri vodi znaša približno:  $c_p = 4180 \frac{J}{kg \cdot K}$ .

Ostane nam še desna stran enačbe (4.1). Dovedena toplota je enaka produktu toplotnega toka (moči) in časa. Toplotni tok je v našem primeru produkt gostote svetlobnega toka in obsewane površine, ter ga zapišemo :

$$j = \frac{P}{S} \Rightarrow j \cdot S = P \quad (4.2)$$

Pri tem je potrebno poudariti dve stvari. Gostota svetlobnega toka ne pada enakomerno na površino valja. Pri robu valja je vpadni kot večji kot pri centru. Zato moramo pri izračunu gostote vpadnega toka potrebno vzeti v račun efektivno površino valja. Brez odvečnih računov povejmo, da je efektivna površina valja  $S = 2rh$ <sup>1</sup>.



Slika 4.1: Shematski prikaz postavitve eksperimenta. Imamo valj s premerom  $r$  in višino  $h$  pobarvan s črno barvo in napolnjen z vodo. Sončna svetloba pada nanj pod kotom  $\alpha$

Druga stvar, ki jo je potrebno vzeti v račun je tudi višina sonca nad obzorjem ( $\alpha$ ). Tudi sama gostota toka pada pod kotom  $\alpha$  na valj (glej sliko 4.1). To upoštevamo s sledečo enačbo :

$$j = j_0 \cdot \cos \alpha \quad (4.3)$$

Z upoštevanje vsega tega lahko zapišemo izraz za toplotni tok :

$$P_s = 2rhj_0 \cos \alpha \quad (4.4)$$

Zaradi toplotnega toka se v času  $\Delta t$  poveča temperatura vode za  $\Delta T$ . Izenačimo enačbi (4.1) in (4.4) ter dobimo :

$$j'_0 = \frac{m c_p \Delta T}{2 r h \cos \alpha \Delta t} \quad (4.5)$$

<sup>1</sup>Običajno bi bila polovica površine valja  $S = \pi r h$



To je prvi približek za solarno konstanto. Vendar smo pri tem zanemarili, ali pozabili, na cel kup stvari. Medtem ko se voda v kalorimetru segreva, hkrati tudi oddaja energijo v okolico. Zaradi tega se manj segreva kot bi se sicer. Izgube energije so posledica konvekcije ter v manjši meri tudi sevanje kalorimetra v okolico. Poleg tega nismo upoštevali odbojnosti cilindra. Čeprav smo ga prebarvali na črno, to še ne pomeni da se absorbira vsa vpadna svetloba. Del se je vseeno odbije.

No, da nismo samo pri izgubah. Difuzno sevanje ozračja ter sevanje okolice predstavljata dodatni toplotni tok, ki greje vodo v kalorimetru. Skupni toplotni tok je najbrž zanemarljiv v primerjavi s toplotnim tokom s Sonca, pa vendarle ne moremo biti povsem prepričani v to. Če bi želeli biti natančni bi morali upoštevati tudi dinamiko termometra. Vsak termometer namreč potrebuje nekaj časa, da zazna spremembo temperature. Če temperatura vode stalno raste, nam termometer vedno kaže nekoliko manjšo temperaturo, kot je sicer.

Skratka, vsega ne znamo in ne zmoremo upoštevati. Ampak to ni niti namen, saj nam gre v končni fazi zgolj za bolj ali manj dobro oceno. V nadaljevanju si bomo pogledali, kako lahko vendarle nekatere stvari ocenimo in s tem dobimo boljši približek.

## Izgube

Sevalne izgube in konveksijske izgube kalorimetra lahko ocenimo. Po opravljeni meritvi kalorimeter postavimo v senco in merimo kako temperatura pada s časom.

$$P_i = m \cdot c_p \cdot \frac{\Delta T'}{t} \quad (4.6)$$

V splošnem velja :

$$P_s = \frac{Q}{t} + P_i \quad , \quad (4.7)$$

kjer je  $P_s$  toplotni tok s Sonca,  $P_i$  pa toplotni tok izgub.

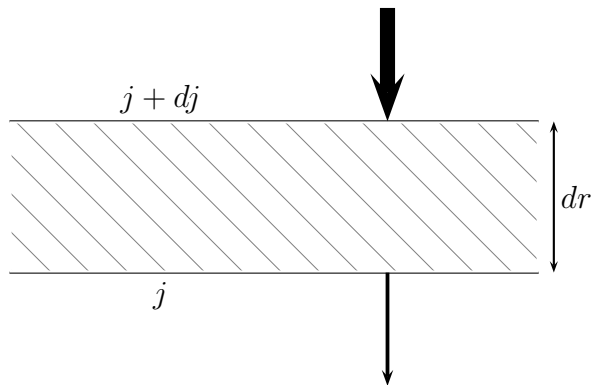
S pomočjo enačb (4.1), (4.4), (4.6) in (4.7) lahko sedaj sestavimo enačbo za boljši popravek solarne konstante :

$$j_0'' = \frac{mc_p}{2rh \cos \alpha} \cdot \left( \frac{\Delta T}{\Delta t} - \frac{\Delta T'}{\Delta t'} \right) \quad (4.8)$$

Tako popravljena vrednost solarne konstante je sedaj precej boljši približek kot prejšnja. Pa vendar še nismo povsem zadovoljni. Izmerili smo solarno konstanto na površini Zemlje. Svetloba na poti skozi atmosfero slabi. Vrednost solarne konstante, ki smo jo dobili, je nedvomno odvisna tudi od vremena, višine opazovališča, atmosferskih pogojev in podobno. To slabljenje svetlobe, ki je odvisno od več dejavnikov, opišemo s koeficientom slabljenja, tako imenovano ekstinkcijo. V nadaljevanju si bomo pogledali, kako ocenimo ekstinkcijo.

## Ekstinkcija

Ponavadi je vrednost solarne konstante podana izven atmosfere. Svetloba namreč slabi v atmosferi in zato je gostota svetlobnega toka manjša na površini Zemlje. Svetloba se v atmosferi sipa na dušikovih in kisikovih molekulah, delno pa jo absorbira vodna para. Na prvi pogled se zdi nemogoče, da bi znali to upoštevati, vendar ni tako. Ekstinkcijo lahko dokaj dobro ocenimo.



Slika 4.2: K izpeljavi enačbe za ekstinkcijo

Opazujmo tanek sloj atmosfere, ki ga obravnavamo kot ravnega. Za dovolj tanek sloj lahko zapišemo:

$$dj = -k \cdot j \, dr \quad \Rightarrow \quad \frac{dj}{j} = -k \, dr$$

To sedaj integriramo :

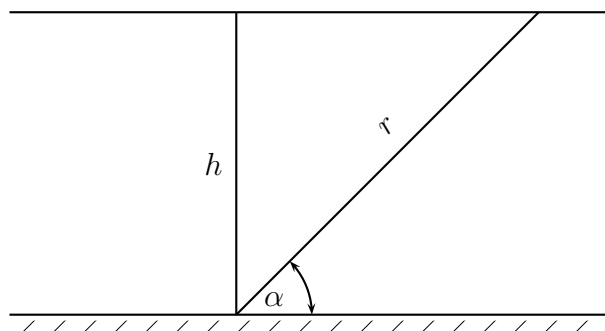
$$\int_{j_0}^{j(r)} \frac{dj}{j} = - \int_0^r k \, dr$$

Rešitev tega integrala je :

$$j(r) = j_0 \cdot e^{-kr} \quad (4.9)$$

Kjer je  $j_0$  gostota svetlobnega toka zunaj atmosfere,  $j$  je gostota svetlobnega toka na površini,  $r$  je dolžina poti skozi atmosfero,  $k$  pa absorpcijski koeficient. Zavedati se moramo, da  $k$  ni konstanta. Odvisen je višine opazovališča, vremenskih pogojev... Zato ga moramo vedno sproti izmeriti.

Za izračun poti skozi atmosfero, lahko v prvem približku vzamemo model ravne atmosfere. S pomočjo slike (4.3) ni težko izračunati dolžino poti, ki jo prepotuje svetloba



Slika 4.3: Pot žarka skozi atmosfero

skozi atmosfero.

$$r = \frac{h}{\sin \alpha} \quad (4.10)$$

Zgornja enačba velja le za dovolj majhne kote, pri katerih je  $\sin \alpha \simeq \alpha$ . Neznanka v zgornji enačbi pa je  $h$ , to je neka efektivna višina atmosfere. Zemljina atmosfera nima ostro določenega roba, temveč se razteza nekaj sto kilometrov nad površino Zemlje. Vendar na slabljenje svetlobe vpliva le en del te atmosfere. Temu delu pravimo efektivna višina, ter ga označimo s  $h$ .

Dokaj dobro vrednost za  $h$  nam da tako imenovani *izotermni model atmosfere* [9]. Pri tem predpostavimo konstantno temperaturo vzdolž vse atmosfere. Veljajo enačbe:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} R \cdot T \quad (4.11)$$

ter

$$\nabla \cdot p = \rho \vec{g} \quad \Rightarrow \quad dp = -\rho g dz \quad (4.12)$$

Enačba (4.11) ni nič drugega kot plinska enačba. Iz nje izrazimo gostoto, jo nesemo v enačbo (4.12) ter integriramo. Rezultat, ki ga dobimo je :

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{z}{z_0}} \quad (4.13)$$

Zgornja enačba opisuje odvisnost zračnega tlaka od višine. V njej nastopa konstanta  $z_0$ , ki je kar dobra vrednost za našo višino atmosfere  $h$ .

$$z_0 = \frac{R T}{M g} \quad (4.14)$$

Če vstavimo vse konstante, dobimo :

$$h \simeq 8500m .$$

Sedaj združimo enačbi (4.9) in (4.10). Dobimo :

$$j = j_0 \cdot \exp\left(-\frac{k h}{\sin \alpha}\right) \quad (4.15)$$

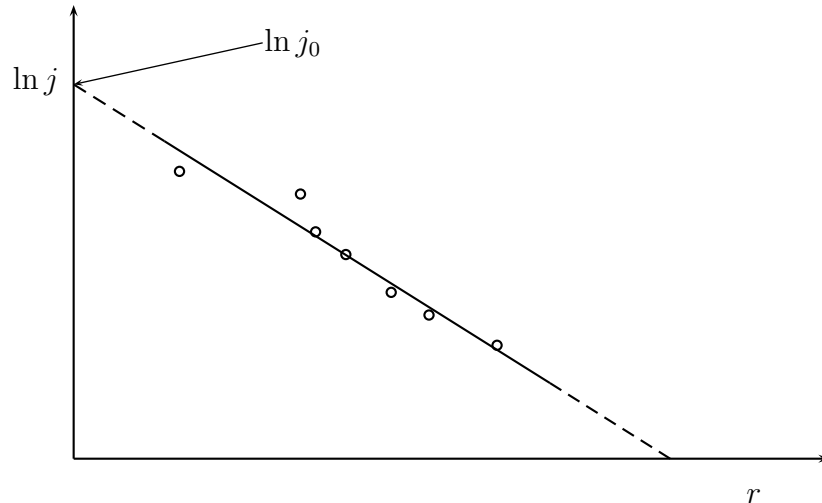
Zgornja enačba opisuje, kako gostota svetlobnega toka slabi pri prehodu skozi atmosfero. Slabljenje je eksponentno, ter čim večje tem večji je kot. Ob tem še enkrat poudarimo, da ta enačba velja le za dovolj majhne kote. Če bi skušali izračunati, kolikšen del svetlobnega toka se izgubi ob sončnem zahodu ( $\alpha \simeq 0$ ), bi se izkazalo, da Sonca niti ne vidimo!

Z logaritmiranjem enačbe (4.15), pridemo do linearne enačbe, ki je bolj uporabna za naše potrebe :

$$\ln j = \ln j_0 - k \frac{h}{\cos \alpha} \quad (4.16)$$

Z malce matematične telovadbe smo torej prišli do tistega kar iščemo -  $j_0$ . Pravzaprav še ne popolnoma, saj smo tudi za koeficient ekstinkcije  $k$  dejali, da ga moramo vsakič znova izmeriti. Enačbo (4.16) razumemo kot sistem linearnih enačb. V splošnem zapišemo sistem linearnih enačb :  $y_i = k \cdot x_i + n$ . V tem sistemu linearnih enačb sta neznanke  $n$  in  $k$ , meritve pa so  $x_i$  in  $y_i$ . Narediti moramo vsaj dve meritvi, če želimo izračunati  $n$  in  $k$ .

Primerjava sistema linearnih enačb z enčbo (4.16), pokaže da so  $y_i$  meritve gostote svetlobnega toka pri različnih višinah Sonca ( $j''_0$ ),  $x_i$  pa člen  $\frac{h}{\cos \alpha_i}$ . Ob različnih višinah Sonca ( $\alpha_i$ ) izmerimo solarno konstanto ( $j''_0$ ). Meritve nato logaritmiramo in narišemo na graf v odvisnosti od dolžine poti skozi atmosfero  $r = \frac{h}{\cos \alpha}$ . Dobiti moramo nekaj podobnega kot je na sliki 4.4. Iz presečišča z absciso razberemo  $\ln j_0$  kar je vrednost gostote svetlobnega toka izven atmosfere.



Slika 4.4: K določitvi solarne konstante. Ob različnih višinah izmerimo solarno konstanto. Na absciso nanašamo pot skozi žarka skozi atmosfero, na ordinato pa  $\ln j$ . Skozi meritve potegnemo premico. Presečišče z absciso nam da  $\ln j_0$

In koliko bi morala priti solarna konstanta? Če poznamo izsev Sonca ( $P_{\odot}$ ) in oddaljenost Zemlje od Sonca  $r_{\odot}$  je ni težko izračunati :

$$j_0 = \frac{P_{\odot}}{4\pi r_{\odot}^2} \quad (4.17)$$

Znese okoli

$$j_0 \approx 1400 \frac{W}{m^2}$$

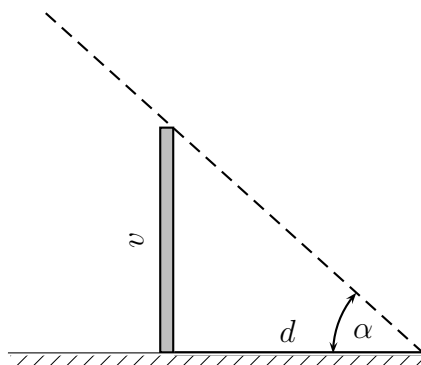
### 4.3 Potek meritev

Ob vse tem teoretičnem znanju ki smo si ga nabrali, se lahko sedaj lotimo meritev. Najprej moramo narediti kalorimeter. Vzamemo prazno pločevinko, ter jo z zunanje strani prebarvamo s črno mat barvo. Ker črna barva odbije najmanj svetlobe, se bodo tako zmanjšale izgube zaradi odboja. V cilinder natočimo vodo ter kalorimeter postavimo v senco. Počakamo toliko časa, da se temperatura vode izenači s temperaturo zraka.

Ko sta temperaturi izenačeni odčitamo temperaturo  $T_0$ , si jo zapišemo, ter postavimo kalorimeter na sonce. V rednih časovnih intervalih odčitamo temperaturo vode. Dolžina intervala je odvisna od več stvari, zato jo mora vsak določiti sam. Lahko merimo čas v katerem se bo voda segrela za eno stopinjo, ali si sami določimo nek časovni interval. Ves čas moramo vodo mešati. Meritve zapisujemo v podobno tabelo, kot je na primer tabela 4.1. Za oceno ekstinkcije je potrebno meriti tudi višino Sonca na obzorjem. V ta

Meritev	čas	temperatura $T$	višina $d$
1	12:03	$23^{\circ}C$	$22\text{ cm}$
2	12:17	$24.5^{\circ}C$	$21\text{ cm}$
$\vdots$		$\vdots$	

Tabela 4.1: Primer tabele kamor zapisujemo meritve.

Slika 4.5: Meritev višine Sonca na obzorjem. Merimo dolžino sence  $d$ , če poznamo dolžino palice  $v$ , lahko z lahkoto izračunamo višino  $\alpha$ .

namen si pripravimo preprost višinomer. Potrebujemo list papirja, še najboljše je imeti milimeterski papir, ter ravno palico. Papir položimo na neko ravno površino, postavimo palico ter merimo dolžino sence. Višino Sonca nad obzorjem nato ni težko izračunati (slika (4.5)) :

$$\alpha = \arctan \frac{v}{d} \quad (4.18)$$

Pri vsaki meritvi izmerimo še dolžino sence, jo zapišemo v tabelo 4.1 ter nato izračunamo kot  $\alpha$ . S temi meritvami lahko že izračunamo prvi približek solarne konstante (enačba (4.5)). Seveda nas zanimajo tudi izgube.

Po končani meritvi postavimo kalorimeter v senco in merimo, kako se voda v kalorimetru ohlaja. Naredimo podobno tabelo kot prej, le da nam sedaj ni potrebno meriti višine. Mogoče je najboljše, če tudi iz teh meritev narišemo premico in določimo naklon.

Meritev	čas	temperatura $T'$
1	13:09	$34^{\circ}C$
2	13:17	$33.5^{\circ}C$
$\vdots$		$\vdots$

Tabela 4.2: Primer tabele kamor zapisujemo meritve s katerimi ocenjujemo izgube.

Naklon premice je člen  $\frac{\Delta T'}{\Delta t'}$ , ki ga imamo v enačbi (4.8). Ko opravimo s temi meritvami smo končali z merjenjem. Ostane nam le še obdelava meritev.

Najprej izračunamo s pomočjo enačbe (4.8) popravljeno vrednost solarne konstante. Kot smo že omenili, v enačbo vstavimo povprečne izgube (člen  $\frac{\Delta T'}{\Delta t'}$ ). Vendar moramo pri

tem paziti na predznak! Nato vse meritve zberemo v tabelo 4.3. Ko imamo tako urejene

Meritev	$j$	$\frac{J}{m^2}$	$\alpha$	$\ln j$	$r = \frac{h}{\cos \alpha}$
1	867		$63^\circ$	6.765	18723
2	945		$60^\circ$	6.851	17000
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$	

Tabela 4.3: Primer tabele kamor zapisujemo rezultate.

rezultate nas do končnega rezultata loči le še en korak. Narišemo graf odvisnosti  $\ln j''$  od  $r$ . Na x os nanašamo vrednosti  $r$  iz tabele 4.3 na y os pa  $\ln j$ . Dobiti moramo nekaj podobnega kot je na sliki 4.4. Skozi meritve potegnemo premico in presečišče z abciso je vrednost  $\ln j_0$ , iz česar potem ni težko izračunati vrednost solarne konstante.

S tem smo končali - ostanejo le še meritve. Kljub vsem popravkom, ki smo jih upoštevali, se zna zgoditi, da rezultati ne bodo ravno najnatančnejši. Predvsem ocena izgub zaradi ekstinkcije je lahko precej težka. Izkaže se, da je potrebno narediti več meritev tekom celega dneva. Zna se celo zgoditi, da bo vrednost solarne konstante celo večja od teoretične. Razmislek zakaj, pa prepuščam bralcu.

# Poglavje 5

## Simulacija vrtenja malih planetov

Priprava na tabor je vedno težka. Ne samo da moramo pripraviti kaj in kako bomo opazovali, pripravljeni moramo biti tudi na slabo vreme. Ta vaja govori o tem.

Mali planeti oziroma asteroidi večinoma ležijo med Marsovo in Jupitrovo orbito. To so skale velike nekaj deset kilometrov ali manj, praviloma nepravilnih oblik. Zelo zanimivo opazovanje je fotometrija malih planetov. Ker so nepravilne oblike in ker se vrtijo okoli svoje osi, se jim sij spreminja. Z merjenjem sija lahko izluščimo informacijo o obhodnem času, odbojnosti in tudi obliki asteroida.

Možno je narediti tudi simulacijo asteroida. Nepravilno telo - na primer krompir - osvetlimo ga postavimo na dovolj veliko oddaljenost ter s svetlobno občutljivim elementom merimo njegov sij v odvisnosti od zasuka. Merimo z natakno istimi instrumenti, kot bi merili pravi asteroid. Samo teleskop je malo manjši.

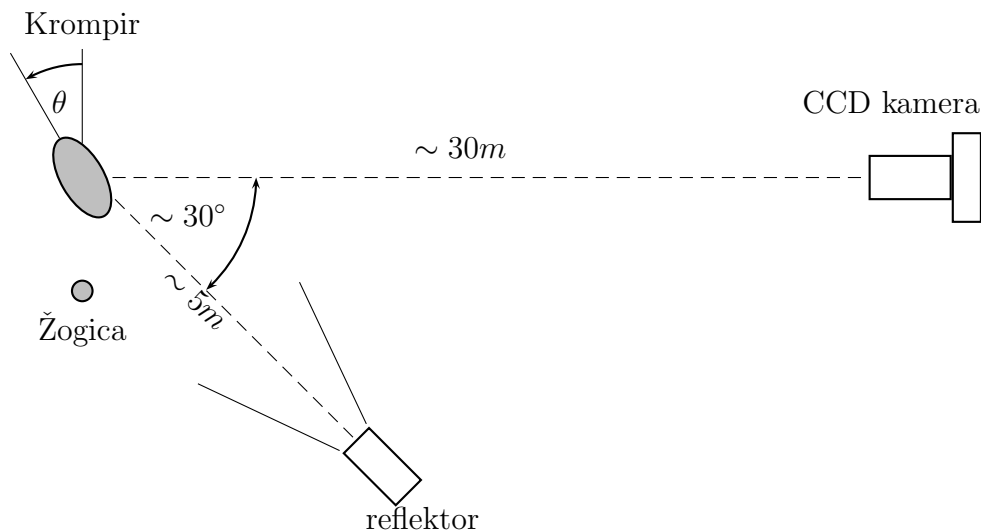
To vajo so naredili udeleženci skupine za astrofiziko na mladinskem astronomskem taboru leta 1999 pod vodstvom Nika Štritofa. Merili so Miha Zupanc, Sebastjan Rupnik, Miha Mihelič in Jan Mozetič. Ta del je prirejen iz poročila leta 1999 [11].

### 5.1 Izvedba vaje

Vsi planeti, kometi, sateliti v našem Osončju odbijajo svetlobo Sonca. Prav tako velja to tudi za asteroide oziroma male planete. Asteroidi so mali planeti, katerih premeri se gibljejo do okoli 1000 km. To so velike skale, večinoma nepravilnih oblik, ki krožijo okoli Sonca po tirnicah, ki so večinoma razporejene med orbito Marsa in Jupitra.

V naši skupini smo hoteli dobiti krivuljo spreminjanja sija v odvisnosti od kota pod katerim gledamo asteroid. No, namesto meritev pravega asteroida, smo vzeli model asteroida, ki je bil kar krompir. Krompir je po obliki zelo podoben pravemu asteroidu, le da je precej manjši. Krompir je kot vemo nepravilnih oblik in zato pod različnim kotom odbije različno količino svetlobe. To količino pa smo hoteli izmeriti in za primerjavo tudi izračunati. Vendar rezultat, ki smo ga dobili pri računanju v podrobnostih ne more biti primerljiv z rezultati iz meritev, ker smo pri računanju uporabili samo 3 osnovne mere (dolžino, višino in širino) krompirja. To pomeni, da smo računali spremembo sija elipsoida in ne samega krompirja. Kot primerjalno zvezdo smo uporabili ping-pong žogico. Žogico in krompir, ki sta stala na stojalu kakih 30 cm narazen, smo osvetljeval z ročnim reflektorjem pod kotom oziroma fazo okoli 30 stopinj s približno petih metrov. Osvetljeno žogico in krompir smo snemali s CCD SBIG ST4 kamero ter običajnim fotografskim objektivom

( $f = 50 \text{ mm}$ ,  $F = 1,8$ ). Razdalja do objekta je bila približno 30 m. Razdalja mora biti dovolj velika ker smo želeli, da sta bila videti krompir in žogica točkasti svetili.



Slika 5.1: Postavitev meritve. Krompir je bil postavljen približno 30 m stran od kamere in 5 m stran od izvira svetlobe. Postavljen je bil na vrtljivem stolu. Merili smo odbito svetlobo v odvisnosti od kota  $\theta$ .

Zorni kot pod katerim smo snemali krompir je bil okoli  $15,84''$ . To pomeni, da je bila velikost krompirja v gorišču kamere okoli 0,11mm. Če bi hoteli, da bi bil krompir velik na kameri toliko kot en pixel, bi ga morali postaviti na razdaljo okoli 250 m. Vendar je bilo to praktično neizvedljivo (megla, premalo prostora,...). Snemali smo tako, da smo najprej posneli sliko temno sliko (*dark frame*). Tega smo posneli tako, da smo posneli vso postavitev (stojala, nosilci, megla,...) razen žogice in krompirja (začasno smo jih odstranili). Potem smo krompir in žogico posadili na svoja mesta in začeli snemati. Pri tem smo avtomatsko odšteli temne slike pri dani ekspoziciji. Krompir smo posneli iz 32-ih različnih kotov (zasuk je bil 11,25 stopinj). Snemali smo seveda v temi, da smo dobili le svetlobo žogice in krompirja. Naredili smo tri serije meritve. Ko smo naredili en krog, smo začeli drugega in potem še tretjega. Meritve pri istem kotu bi se teoretično morale ujemati, vendar kot bomo videli iz grafa so pri meritvah nekolikšna odstopanja. Če bi bil krompir popoln elipsoid bi bil graf spreminjanja magnitude v odvisnosti od kota videti približno takšen, kot je na sliki 5.3 Pri tem so bile krompirjeve mere takšne:  $a = 6,6 \text{ cm}$ ,  $b = 3,4 \text{ cm}$ ,  $c = 4,1 \text{ cm}$ . Spremembo magnitude smo izračunali takole :

$$\Delta m = 2.5 \cdot \log \frac{j_k}{j_z} \quad (5.1)$$

Ker je svetlobni tok  $P_0 = j_k \cdot S_k = j_z \cdot S_z$  osvetljevanja isti pri žogici in krompirju, sledi: Ker je svetlobni tok osvetljevanja  $j$  isti pri žogici in krompirju, sledi:

$$\Delta m = 2.5 \cdot \log \frac{\pi r^2}{\pi c x_m} \quad (5.2)$$

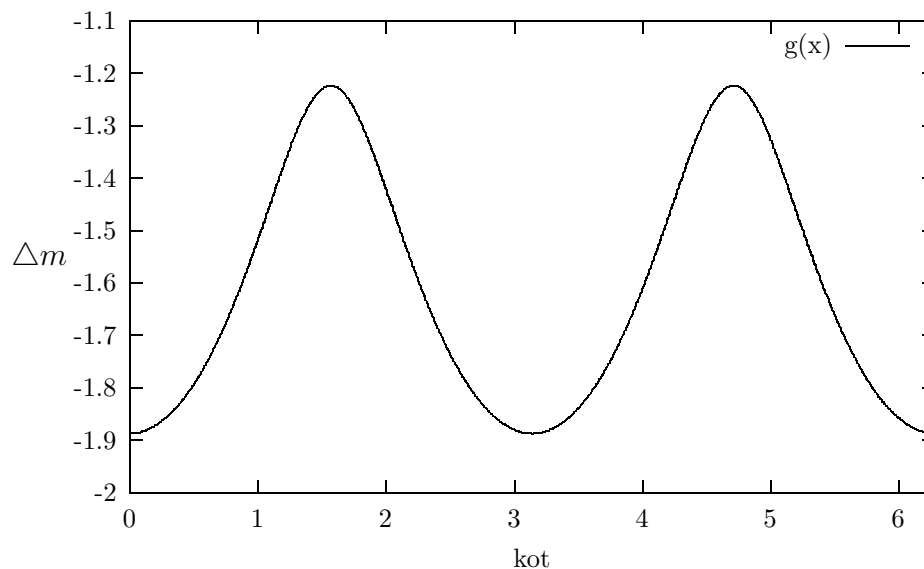
V zgornji enačbi je  $\pi r^2$  površina kroglice,  $\pi c x_m$  pa površina projiciraneg elipse <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Izpeljava M.P.





Slika 5.2: Miha med meritvijo. Zada je Telematorjeva montaža, na kateri je CCD kamera.



Slika 5.3: Sprememba sija pri enakomerno osvetljenem elipsoidu. Kot je podan v radianih

Privzete predpostavke so, da se elipsoid vrti okoli glavne osi  $c$ . V enačbi (5.2) je  $x_m$  velikost projicirane osi, ki je odvisna od kota vrtenja  $\theta$ . Ko je  $\theta = 0^\circ$  je  $x_m$  enako veliko polosi  $a$ , kadar pa je  $\theta = 90^\circ$  pa je  $x_m$  enak mali polosi  $b$ . Seveda hočemo izračunati, kako je  $x_m$  odvisen od kota zasuka. Celotne izpeljave tu ne bomo naredili, nakazali bomo samo nekaj glavnih korakov. Najprej zapišemo enačbo elipse v parametrični obliki  $x = x(t), y = y(t)$ . Zanima nas samo ena projicirana os, zato ostanimo le pri  $x(t)$ .

$$x(t) = a \cdot \cos t \cdot \cos \theta + b \cdot \sin t \cdot \sin \theta \quad (5.3)$$

Pri izpeljavi zgornje enačbe zapišemo parametrično enačbo elipse, in jo zasukamo za kot  $\theta$ . Iščemo takšno vrednost  $t$ -ja, pri katerem je  $x(t)$  največji. Zato enačbo 5.3 odvajamo in rešujemo  $x'(t) = 0$ . Rešitev je:

$$\tan t = \frac{a}{b} \cdot \tan \theta \quad (5.4)$$

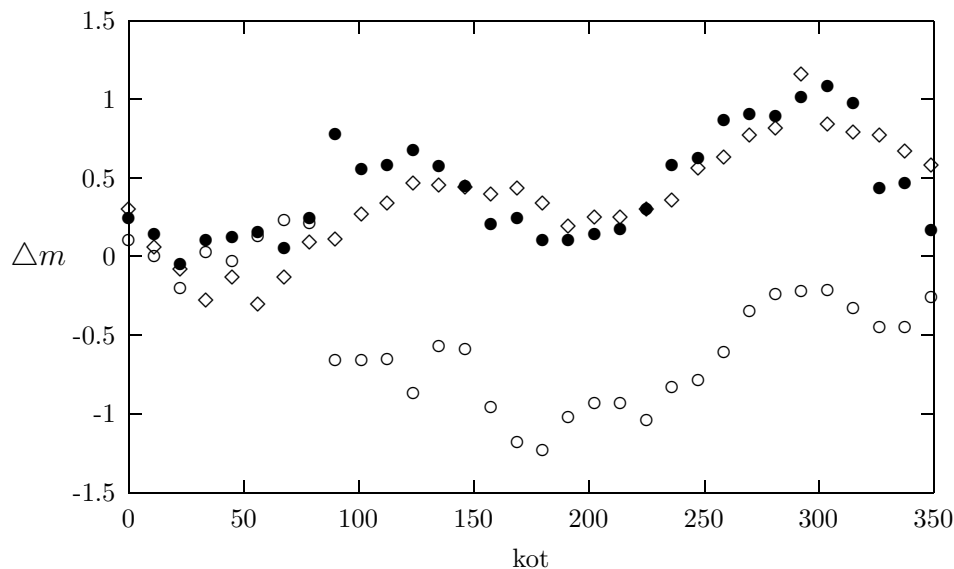
To rešitev nesemo v enačbo (5.3) in po daljši telovadbi s kotnimi funkcijami dobimo :

$$x_m(\theta) = \sqrt{a^2 \cdot \cos^2 \theta + b^2 \cdot \sin^2 \theta} \quad (5.5)$$

Končno rešitev dobimo z združitvijo enačb (5.5) in (5.2). Sprememba sija elipsoida v tem preprostem modelu je torej :

$$\Delta m(\theta) \propto \log \left( \sqrt{a^2 \cdot \cos^2 \theta + b^2 \cdot \sin^2 \theta} \right) \quad (5.6)$$

Ta funkcija je prikazana na sliki 5.3.



Slika 5.4: Meritve spremembe sija krompirja.  $\diamond$  označuje prvo serijo,  $\bullet$  drugo,  $\circ$  pa tretjo. Kot je podan v stopinjah.

Na sliki 5.4 so prikazane naše meritve. Tretja serija meritev se od prvih dveh razlikuje gotovo zaradi megle v kateri smo snemali. Skupno smo posneli 97 slik, od katerih se vsaka razlikuje po kotu (11,25 stopinj) pod katerim smo snemali. To pomeni da je vsaka 33-a snemana pod istim kotom. Ko smo slike posneli smo jih računalniško obdelali oziroma izmerili sij krompirja in žogice na sliki. Delali smo s programom za vodenje CCD kamere to je s programom CCD ST4. Najprej smo odšteli svetlost ozadja in nato določili instrumentalni sij krompirja oziroma žogice pri največji vrednosti piksla. Podatke smo vnesli v tabelo, od sija žogice odšteli sij krompirja ter tako dobili spremembo sija krompirja. Iz tega smo naredili graf, ki ga vidimo zgoraj (slika 5.4).

# Poglavje 6

## Opazovanje spremenljivk

### 6.1 Splošno o spremenljivkah

Ko pogledamo v zvezdno nebo, dobimo občutek, da so zvezde nespremenljive. Vendar podrobnejša opazovanja pokažejo, da temu ni tako. Ne samo, da se premikajo - nekaterim med njimi se spreminja tudi sij. Takšne zvezde imenujemo *spremenljive zvezde* ali krajše *spremenljivke*.

Kot že ime pove je značilnost spremenljivih zvezd njihovo spreminjanje sija. Spremenljivke lahko delimo glede na več kriterijev : od periode spreminjanja sija, amplitude, do vzroka za spreminjanje sija. Znani ameriški astronom David Levy [4] pravi, da so spremenljivke kot ljudje : tako kot obstaja milijarde različnih ljudi, obstaja milijarde različni spremenljivk. Zato razvrščanje spremenljivk ni enostavno in rezultat nikakor ni enoličen. Pa vendarle, obstajajo nekatere očitne razlike med spremenljivimi zvezdami. Vsekakor ne moremo vreči v isti predal počasnega, zrelega spreminjanja rdeče velikanke kot je Mira, v isti predal z eruptivnimi izbruhi malih pritlikavih zvezd. Ali natančnega, ritmičnega spreminjanja sija eklipsnih spremenljivk s popolnoma nepredvidljivim polpravilnimi spremenljivkami.

Če si pogledamo na hitro, kako lahko delimo spremenljivke :

- o Glede na *pravilnost* spreminjanja sija : poznamo pravilne in nepravilne spremenljivke. Pravilne imajo pravilno, napovedljivo, spremembo sija, medtem ko o spremembi sija nepravilnih spremenljivk ne moremo ničesar povedati. Jasno, obstaja tudi neka vmesna stopnja, ki ji pravimo polpravilne spremenljivke.
- o Glede na *periodo*<sup>1</sup> spreminjanja sija delimo spremenljivke na kratko periodične in dolgo periodične. Kratko periodičnim spremenljivkam se sij spreminja v nekaj dnevih - često imajo periode tudi krajše od dneva. Dolgoperidčne spremenljivke imajo periodo spremembe sija tudi nekaj sto dni. Vendar tudi tu obstaja neka vmesna stopnja. Nekaterim zvezdam se spreminja sij s periodo nekaj deset dni, tako da jih ne moremo šteti ne k enim ne k drugim.
- o Glede na *fizikalne vzroke* delimo zvezde v dva razreda. **Pulzirajočim** spremenljivkam se sij spreminja zaradi različnih procesov, ki potekajo v zvezdi sami. Zvezda se napihuje in krči ter tako spreminja sij. **Prekrivalne** spremenljivke, ali kot jim

---

<sup>1</sup>Perioda je čas v katerem zvezda zaključi svoj cikel. Definiramo jo lahko samo za pravilne spremenljivke.

dostikrat pravimo **eklipsne** spremenljivke, so druga kategorija. Te spreminjajo sij zaradi geometrijskih razlogov. Pri eklipsnih spremenljivkah gre za sistem dvozzvezdij, ki ležijo ravno tako, da lahko opazujemo mrke zvezd.

Tudi pulzirajoče in eklipsne spremnejlivke se delijo nato v več razredov. Najznačilnejše med njimi si bomo pogledali v nadaljevanju.

### 6.1.1 Pulzirajoče spremenljivke

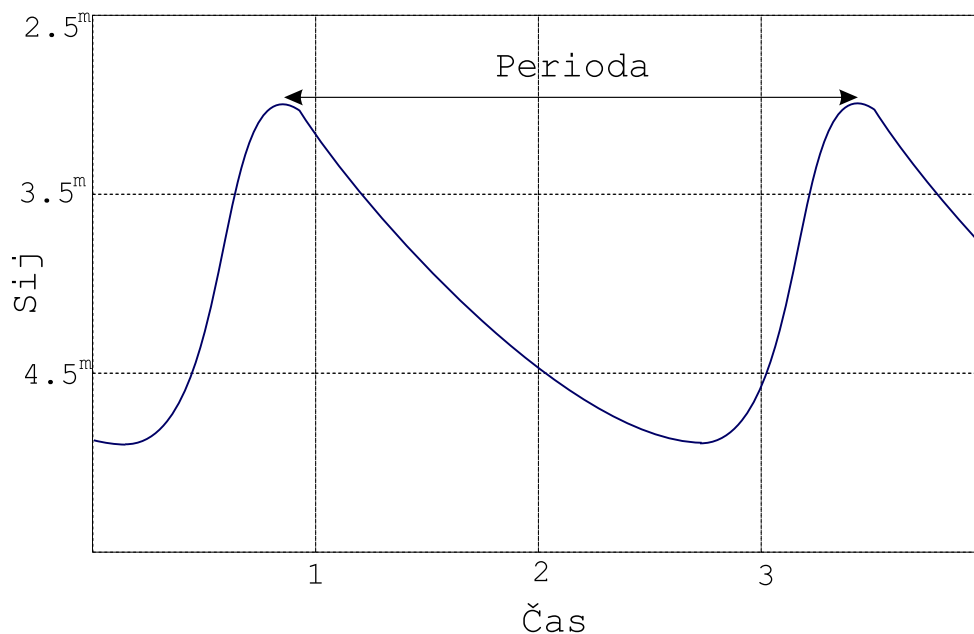
#### Kefeide

Če že ne najslavnejše, so kefeide vsekakor najbolj koristne spremenljive zvezde. Kefeide nosijo svoje ime po najsvetlejši zvezdi te vrste :  $\delta$  Kefeju. Te supeorjakinje spreminjajo sij zaradi širjenja in krčenja celotne zvezde - nekako tako, kot bi zvezda dihala. Presenetljivo je morda to, da imajo kefeide največji izsev takrat, ko so najbolj skrčene. Značilne periode kefeid se nekako nekaj dni pa tudi do 100 dni [6].  $\delta$  Kefeja ima periodo 5.36 dni. Sij se ji spreminja od  $3.5^m$  do  $4.4^m$ . Sprememba sija za okoli magnitudo je prav tako značilna za kefeide. Mimogrede, tudi ena od najznamenitejših zvezd na severni polobli - vsekakor pa najbolj znana - Severnica, spada v to vrsto spremenljivk. Vendar je njena sprememb sija dokaj majhna, le okoli  $0.1^m$ .

Kefeide so znane še po nečem drugem. Dostikrat slišimo njihovo ime v povezavi z merjenjem razdalj. Zgodba sega v začetek tega stoletja, ko se je s kefeidami ukvarjala Henrietta S. Leavitt. Ugotovila je, da obstaja preprosta zveza med izsevom zvezd in periodo s katero spreminjajo sij. Če znamo izmeriti periodo, kar načeloma ni težko, lahko s pomočjo te zveze določimo izsev zvezde. Ko enkrat poznamo izsev, ter jasno sij zvezde, lahko s preprostim računom izračunamo oddaljenost do te zvezde. Astronomi, iščejo kefeide v drugih galaksijah, izmerijo njihovo periodo in na ta način izmerijo oddaljenost do galaksije. Študij kefeid, je tako ena od ključnih stvari našega razumevanja dimenzij vesolja ter eden izmed temeljnih kamnov, na katerem slonijo sodobne kozmološke teorije.

Do sedaj smo govorili o klasičnih kefeidah, o kefeidah tipa  $\delta$  Kefeja. Obstajajo še druge vrste kefeid. Zelo podobne klasičnim kefeidam, vendar nekoliko starejše, so zvezde **W Device** (W Vir). Njihova značilnost so nekoliko daljše periode od navadnih kefeid. Za razliko od klasičnih kefeid, ki večinoma ležijo v spiralnih rokavih galaksij, ležijo zvezde tipa W Vir bolj proti centralnemu delu galaksij, v haloju, ter tudi v kroglastih kopicah. Že to nakazuje, da gre za pretežno starejše zvezde. Večkrat lahko zasledimo trditev, da so klasične kefeide zvezde I. populacije, torej relativno mlade zvezde, zvezde W Device pa zvezde II. populacije. Ena od bistvenih razlik se skriva v spektru zvezd, vendar tega amaterski astronomi ne opazimo. Kefeide tipa W Device imajo na svetlobnih krivuljah nekakšne grbe, ki jih pri klasičnih kefeidah ne poznamo.

Tretji tip kefeid so kefeide tipe **RR Lire** (RR Lyr). Tako kot za vse kefeide je tudi za njih značilen strmejši dvig ter nato položnejši padec sija. Podobno zvezde tipa W Device, so tudi te starejše zvezde, torej zvezde II. generacije. Najdemo jih predvsem v kroglastih kopicah, zaradi česar jih večkrat imenujejo spremenljivke kroglastih kopic. Bistvena razlika v primerjavi s klasičnimi kefeidami je njihova izredno kratka perioda. RR Lire ima periodo malce daljšo od 12 ur. Znane so tudi zvezde, ki imajo periodo manj kot uro! Ravno zaradi tako kratke periode so spremenljivke tipa RR Lyr izredno priljubljen objekt za opazovanje na taboru.



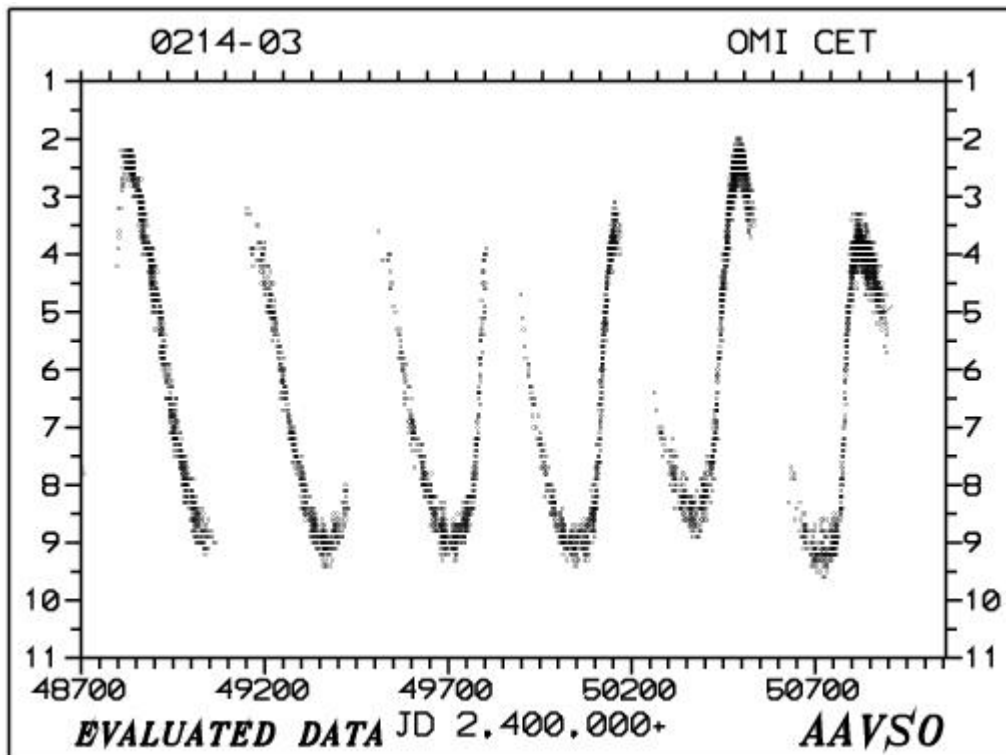
Slika 6.1: Značilna oblika svetlobne krivulje kefeid. Po strmem dvigu, sledi položnejši pad sija.

Na kratko omenimo še dva tipa kefeid. Spremenljivke  $\delta$  Ščita ( $\delta Sca$ ), nekateri jim pravijo tudi pritlikave kefeide, imajo izredno kratke periode (do 0.2 dneva) in majhne amplitude sija. Amplitude sija so tipično okoli desetinke magnitudo, tja do  $0.3^m$ . Za njih je značilna tudi nestalna oblika krivulj svetlobnega sija. Še manjšo amplitudo imajo spremenljivke tipa  $\beta$  Kefeja. Zaradi tako majhne amplitude, lahko te zvezde opazujejo le amaterji z dovolj drago opremo.

### Dolgoperiodične spremenljivke

Kot običajno je tudi tu tip spremenljivk imenovan po najbolj znani oziroma najsvetlejši predstavnici vrste. Pri dolgoperiodičnih spremenljivkah je to zvezda *o* Kita (*o* Cet). Zvezda ima tudi bolj poetično ime - Mira, kar v stari arabščini pomeni čudovita.

Glavne značilnosti dolgoperiodičnih spremenljivk so izredno dolge periode in velike amplitude sija. Za primer si vzemimo Miro. Ob maksimumu lahko njen sij doseže tudi  $2^m$  ob minimumu pa sij pade tja do  $10^m$ . Podobno velja tudi za ostale dolgoperiodične spremenljivke - spremembe sija so lahko od tri pa tja do deset magnitud. Kot ime pove, so njihova značilnost izredno dolge periode, ki so od 150 pa tja do 500 dni. Za razliko od kefeid, periode niso tako stalne, temveč se spreminjajo od cikla do cikla. Podobno je tudi z amplitudami : Mira lahko doseže sij  $2^m$ , včasih pa se sij zaustavi že pri  $5^m$ . Na sliki 6.2 je prikazana svetlobna krivulja za obdobje več let, kjer se te značilnosti lepo vidijo. Dolgoperiodične spremenljivke so gromozansko velike zvezde. Spadajo v razred rdečih orjakinj. Če bi Miro postabili na mesto Sonca, bi zvezda segala celo do Marsove orbite. Znajo nam postreči z marsikaterim presenečenjem. Ne samo to, da ne znamo napovedati amplitude ter periode, nekatere včasih kar zastanejo v spremembi sija. Zato so zelo primeren in hvaležen objekt za amaterje. Ker imajo tako dolge periode, je dovolj če naredimo meritev na primer vsak teden. Zaradi velike spremembe amplitude se tudi slabša natančnost ocenjevanja sija s prostimi očmi ne pozna dosti.



Slika 6.2: Svetlobna krivulja Mire nekako od 1990 do 1998. Mira je tipična predstavnica dolgoperiodičnih spremenljivk. Ne perioda ne amplituda nista stalni, ampak se spreminjata. Čas je podan v julijanskem datumu

### Ostale pulzirajoče spremenljivke

Do sedaj smo omenili dve vrsti pulzirajočih spremenljivk. Obstaja jih še mnogo mnogo več, vendar njihova podrobnejša klasifikacija presega okvir tega članka. Nekaj pa jih bomo vendarle omenili, čeprav bolj na kratko.

Zelo zanimive za opazovanje so tako imenovane *eruptivne spremenljivke*. Njihova glavna značilnost so hitri svetlobni izbruhi z veliko amplitudo. Sem štejemo *nove*, spremenljivke tipa *U Dvojčkov* ter tudi *supernove*. Vse te zvezde so zelo atraktivne za opazovanje, saj se jim sij čisto poveča tudi za deset ali več magnitud. Zato najbrž ni potrebno posebjaj poudarjati, da so opazovanja izbruhov enkratni dogodek in imajo zato svojo veljavo.

Podobne dolgoperiodičnim spremenljivkam so rdeče *polpravilne* in *nepravilne* spremenljivke. Podobne so zato, ker gre prav tako za rdeče orjakinje in superorjakinje, vendar kot že ime pove, njihova sprememba sija nima te ponovljivosti kot je to pri dolgoperiodičnih spremenljivkah. Pri polperiodičnih spremenljivkah se dostikrat zgodi, da se po nekaj pravih periodah sij začne nepravilno spreminjati. Dogaja se tudi, da je v spremembah sija več period hkrati. Tudi amplitude sija so manjše kot pri dolgoperiodičnih spremenljivkah. Pri spremembah sija nepravilnih spremenljivk ni opaziti kakšnih period ali drugačnih pravilnosti. Spremembe sija so praviloma majhne.

Še eno popularno vejo spremenljivk velja omeniti - to so *kataklizmične spremenljivke*. V zadnjem času lahko amaterji kar precej opazujejo tovrstne spremenljivke. Gre za sisteme dvojnih zvezd, od katerih je ena zelo vroča zvezda, druga pa je rdeča orjaki-

nja. Podobno kot nove, imajo tudi te eruptivne izbruhe s precejšno amplitudo, vendar je njihov časovni potek sija precej bolj nepravilen.

### 6.1.2 Eklipsne spremenljivke

Kot smo že omenili, sestavljajo drugo vejo spremenljivk eklipsne spremenljivke. Vzrok za spremembo sija pri eklipsnih spremenljivkah ni pulziranje zvezde, oziroma kakšne druge fizikalne spremembe znotraj zvezde, ampak preprosto v geometriji. Približno tretjina vseh zvezd, ki jih vidimo so dvozvezdja<sup>2</sup>. To pomeni, da gre za gravitacijsko vezan sistem dveh zvezd. Podobno kot se planeti vrtijo okoli Sonca, tako se tudi ti dve zvezdi vrtita okoli skupnega središča mas. Nekatero dvojnice so toliko narazen, da ju še ločimo s prostimi očmi. Druge so tako blizu ena drugi, da ju niti največji teleskopi ne morejo ločiti. Nekatera dvozvezdja ležijo tako, da jih gledamo ravno v njihovi ekvatorialni ravnini. Ko bo ena zvezda prekrila drugo, bo opazovalec na Zemlji opazil padec sija. Ti padci sija se bodo dogajali periodično, tako kot zvezde krožijo ena okrog druge.

Podobno kot pri pulzirajočih spremenljivkah, obstaja tudi pri eklipsnih spremenljivkah več podvrst. Preprostemu modelu, ki smo ga opisali zgoraj bi ustrezale spremenljivke tipa Algol. Včasih se zgodi, da sta zvezdi zelo blizu ena druge - tako blizu, da se že dotikata. Potem imamo bodisi spremenljivko tipa  $\beta$  *Lire* bodisi *W Velikega medveda* (W UMa). V nadaljevanju si bomo podrobneje ogledali vse tri razrede eklipsnih spremenljivk.

#### Spremenljivke tipa Algol

Algol je prototip, lahko bi mu rekli kar šolski primer, eklipsne spremenljivke. Zato ni čudno, da je po njem poimenovana cela podvrsta eklipsnih spremenljivk. Algol, ali  $\beta$  Perzeja, nosi zlovesče ime, ki izhaja iz arabščine : demon. Njegovo ime kaže na to, da so spremenljivke zelo razburile starodavne astronome.

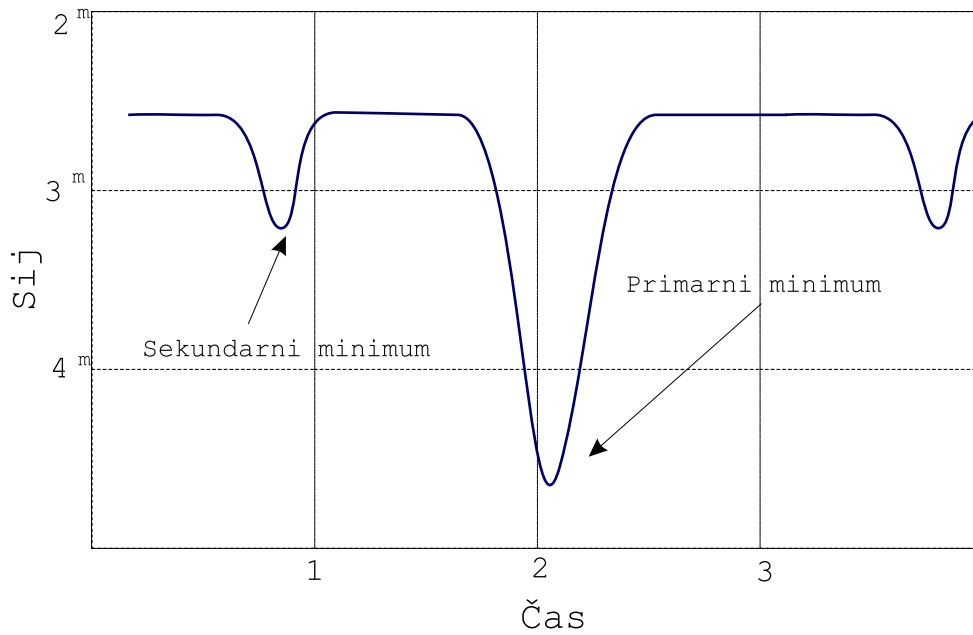
Kot smo že dejali, je Algol najsvetleša zvezda cele vrste spremenljivk imenovane po njem. Pri spremenljivkah tipa Algol imamo opraviti ločenim sistemom dvojnih zvezd. Te zvezde so lahko najrazličnejših velikosti, sijev ali spektralnih tipov. Periode se lahko gibljejo od nekaj dni, pa do nekaj let. Svetlobne krivulje so lahko zelo različne, odvisne so od izseva zvezd, razmerja velikosti ter od ravnine kroženja. Vseeno imajo določene splošne značilnosti, ki so skupne vsem zvezdam. Slika 6.3 prikazuje značilen potek svetlobne krivulje eklipsnih spremenljivk.

Najvčji sij ima spremenljivka takrat, ko sta zvezdi ena ob drugi. Ko se nato temnejša<sup>3</sup> zvezda počasi za svetlejšo sij postopoma pada (slika 6.4). Nastopi tako imenovani *sekundarni minimum*. Sij nato zopet postopoma narašča do največje vrednosti. Naslednji zanimiv trenutek nastopi takrat, ko začne temnejša zvezda zakrivati svetlejšo. Začne se *primarni minimum*. Ravno ta je najbolj zanimiv za opazovalce eklipsnih spremenljivk.

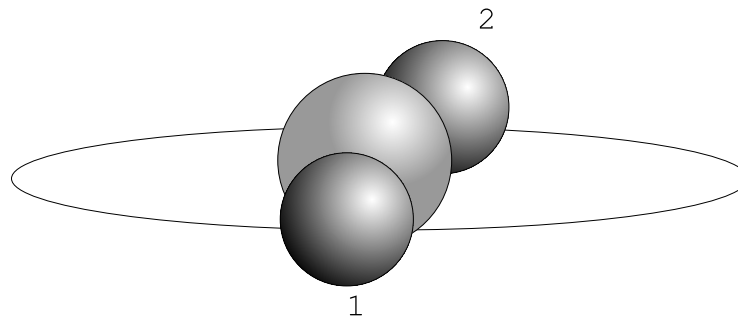
S tem smo pravzaprav v grobem opisali, kaj se dogaja z Algolom. Algol ima v maksimumu sij  $2.1^m$ . Vsake 2.9 dni pa mu sij pade za več kot magnitudo, tja do  $3.4^m$ . Šele čez slabih 10 ur se sij poveča nazaj na prvotno vrednost [7]. Velik padec sija v primarnem minimumu namiguje na to, da ima temnejša zvezda precej manjši izsev. V prid temu priča tudi relativno neizrazit sekundarni minimum, saj je padec sija le  $0.07^m$ . Minimum kar

<sup>2</sup>Pravzaprav bi morali reči *vsaj* dvozvezdja. Obstajajo tudi sistemi treh ali celo štirih zvezd.

<sup>3</sup>Z izrazom temnejša označimo zvezdo z manjšim izsevom



Slika 6.3: Značilna svetlobna krivulja eklipsnih spremenljivk. Značilna sta dva minimuma, primarni in sekundarni.



Slika 6.4: Shematski prikaz eklipsne spremenljivke. Ko manjša in temnejša zvezda doseže točko 1, pade svetlobna krivulja v primarni minimum. Točka 2 ustreza sekundarnemu minimumu

precej traja v primerjavi z celotno periodo, zato lahko sklepamo, da gre za relativno veliki zvezdi.

Kot smo omenili zgoraj, imajo eklipsne spremenljivke tipa Algol precej različne krivulje. Nekatere, kot na primer Algol, imajo precej neizrazit sekundarni minimum, pri drugih sta sekundarni in primarni minimum skoraj enakovredna. Pri nekaterih zvezdah je padec sija zelo kratek, pri drugih zvezdah ostane v minimumu kar precej časa... Vsi ti elementi v krivulji sija so odvisni od več dejavnikov, kot so na primer masi obeh zvezd, medsebojna oddaljenost, izseva, nagnjenost ravnine kroženja proti nam (inklinacija) in podobno...

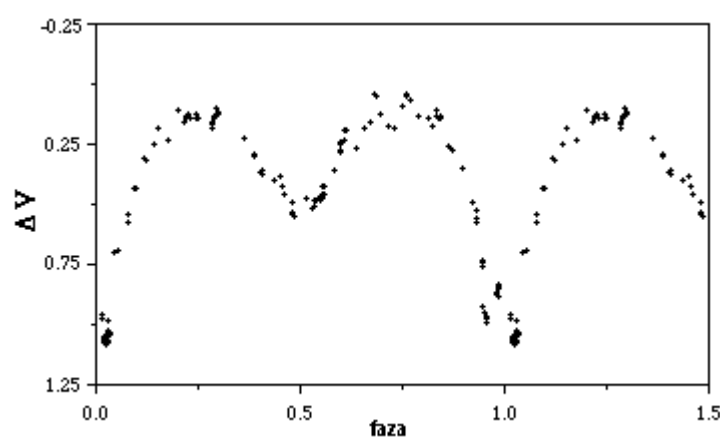
Z opazovanjem spremenljivk lahko izvemo vse to. Dvojnice so pravzaprav edina metoda, s katero lahko določimo maso zvezd. Vloga amaterjev pri opazovanju eklipsnih spremenljivk pa leži drugje. Mogoče se je dalo zaslutiti, da lahko, če poznamo osnovne elemente eklipsne spremenljivke, precej dobro napovemo njeno obnašanje daleč v prihodnost. Načeloma je to res, vendar ni vedno tako. Med komponentama eklipsnih spre-



menljivk lahko pride do prenosa mase. Možno pa je tudi, da obstaja tudi kakšna tretja komponenta<sup>4</sup>, ki moti gibanje prvih dveh. In ravno tu nastopijo amaterji. Z opazovanjem primarnega minimuma, skušajo čim natančneje določiti trenutek minimuma. In v kolikor se izkaže, da le ta ni enak napovedanemu, je to mogoče kazalec, da le vsega ne vemo o tej zvezdi.

### Kontaktne sistemi

Opisali smo kaj vse lahko vpliva na potek svetlobne krivulje pri spremenljivkah tipa Algol. Videli smo tudi, kateri elementi svetlobne krivulje so skupni. Pri tem smo mogoče zamolčali neko skupno lastnost vseh eklipsnih spremenljivk tipa Algol. Namreč obe zvezdi v eklipsnem sistemu sta dovolj daleč narazen, da se ne dotikata. Vse eklipsne spremenljivke



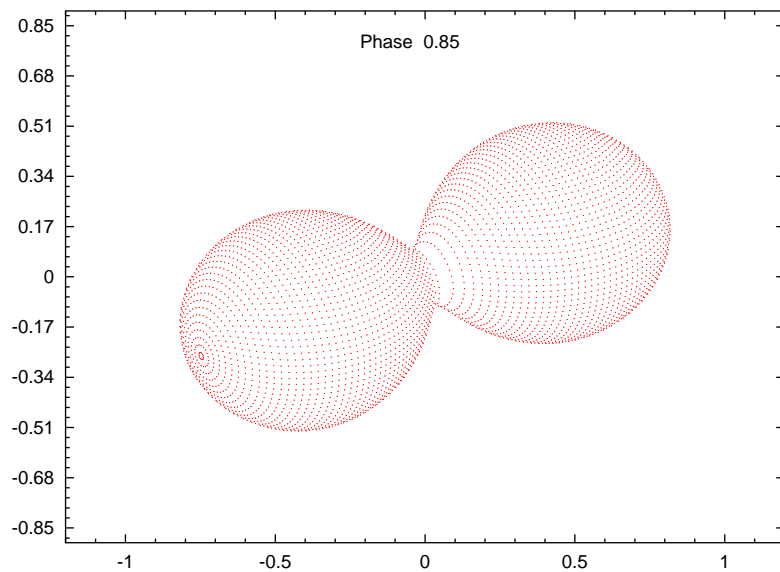
Slika 6.5: Svetlobna krivulja  $\beta$  Lire. Kot za vse eklipsne spremenljivke sta tudi tu izrazita dva minimuma: primarni in sekundarni.

niso takšne. Nekatere imajo komponente tako blizu skupaj, da se zvezdi praktično dotikata ena druge. Pri tem ne gre tega razumeti dobesedno. Medsebojni gravitacijski vplivi povzročijo deformacijo zvezd. Namesto kroglaste oblike imata obliko nekakšnega elipsoida (slika 6.6). Poleg tega lahko pride tudi do prenosa mase z ene zvezde na drugo. Masa spiralasto pada s prve na drugo zvezdo, kar dodatno zamegli celotno geometrijo sistema. Zato tudi svetlobne krivulje kontaktnih eklipsnih spremenljivk niso podobne svetlobnim krivuljam spremenljivk tipa Algol. Glavna razlika je ta, da se sij nenehoma spreminja. Ni več tiste faze, v kateri je sij nekaj časa konstanten.

Med kontaktne sisteme, uvrščamo dve skupini eklipsnih spremenljivk: spremenljivke tipa  $\beta$  *Lire* ter spremenljivke tipa *W Velikega medveda*. Za spremenljivke tipa  $\beta$  *Lire* je značilno, da zvezdi nimata enakega sija. Zato lahko v poteku sija ločimo primarni in sekundarni minimum (slika 6.5).  $\beta$  *Lire*, kot najsvetlejša predstavnica svoje vrste ima periodo 12 dni. V tem času se ji sij spreminja od  $3.34^m$  do  $4.2^m$  [7].

Precej podobne so tudi zvezde tipa *W Velikega Medveda* (W UMa). V tem primeru gre za sisteme z približno enako velikima in svetlima zvezdama. Ker sta si zvezdi precej podobni, vidimo v času ene periode dva maksimuma in minimuma. Zvezdi sta precej skupaj, zato prenos mase z ene na drugo ni nič nenavadnega. Zaradi tega so te zvezde

<sup>4</sup>Zanimivo je, da ima tudi Algol tretjo komponento, ki s obhodnim časom 1.9 let kroži okoli prvih dveh



Slika 6.6: Kontaktno dvozvezdje tipa W UMa. Slika je narejena s pomočjo programa *Nightfall*

zelo zanimive za opazovanje, saj nam lahko pripravijo marsikatero presenečenje. Zvezda W UMa je, za razliko od prejšnjih predstavnic, kar precej temna zvezda. Sij se ji spreminja od  $7.76^m$  v maksimumu do  $8.49^m$  v minimumu. Ta zvezda ima še eno zanimivost. Perioda je skoraj natanko 8 ur - če smo natančni : 8 ur in 25 sekund - tako da je napovedovanje minimov precej enostavno. Tako kratke periode so na splošno značilne za zvezde tipa W UMa, večina jih ima periode krajše od dneva.

## 6.2 Opazovanje spremenljivk

Do sedaj smo поблиžje spoznali glavne tipe spremenljivk. Nadaljevanje bo posvečeno opazovanju spremenljivk. Pogledali si bomo, kakšen je pomen amaterskega opazovanja spremenljivk, kako se pripravimo na opazovanje in kako obdelamo rezultate.

### 6.2.1 Pomen opazovanja spremenljivk

Opazovanje spremenljivk ima velik pomen, ne samo v amaterski astronomiji, ampak v astronomiji na splošno. Danes je znanih več kot 30.000 spremenljivk, za vsaj 14.000 zvezd pa sumijo, da spreminjajo svoj sij. Ta imponantna številka pove, da profesionalni astronomi preprosto ne morejo opazovati vseh spremenljivih zvezd. Profesionalni astronomi imajo sodobnejšo in boljše opremo kot amaterji. Z njo lahko dosežejo natančnejše in verodostojnejše rezultate. Ampak, razvoj tehnike je v zadnjem desetletju tako napredoval, da ima danes marsikateri amater boljše opremo kot so jo imeli profesionalni observatoriji v osemdesetih letih. Dobili smo CCD<sup>5</sup> kamere, s katerimi lahko zaznamo skorajda vsak foton, računalnike s katerimi obdelamo tisočkrat več informacij... Tudi Astronomsko društvo Javornik ima s svojim novim teleskopom ( MEAD LX 200, 12"), SBIG ST6

<sup>5</sup>CCD je izhajaja iz angleškega jezika in je okrajšava iz *Charged Coupled Devices*

CCD kamero in ustreznimi filtri kar sodobno opremo s katero bo mogoče narediti precej kvalitetna opazovanja.

Opazovanje spremenljivk je torej bolj ali manj domena amaterske astronomije. Širom po svetu deluje več centrov, ki koordinirajo opazovanja ter zbirajo meritve. Eden najbolj znanih je **AAVSO** - *American Association of Variable Star Observers*. Po slovensko bi temu rekli, ameriško združenje opazovalcev spremenljivk. Ime je morda zavajajoče, vendar gre za mednarodni center. Več informacij o njih in njihovem delu je na voljo na njihovi domači strani <http://www.aavso.org>. Vendar AAVSO ni edina tovrstna organizacija. Na Japonskem deluje Variable star Network **VSNET** (<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/>). Tudi tu, tako kot na AAVSO, lahko dobimo ogromno informacij - od programov za obdelavo meritev, zvezdnih kart do arhiva opazovanj. Podobne mednarodne organizacije obstajajo še na Madžarskem, v Švici, Nemčiji, Angliji...

### 6.2.2 Splošno o ocenjevanju sija

Sij neke zvezde lahko izmerimo na več načinov. Vsi ti načini temeljijo na primerjalni metodi. Sij spremenljivke vedno določimo glede na neko primerjavo, na neko zvezdo katere sij poznamo in je konstanten. Absolutno merjenje sija je z amatersko opremo praktično nemogoče.

Največkrat ocenjujemo sij **vizualno**. To pomeni, da ocenjujemo sij s prostimi očmi. Izbrano zvezdo — spremenljivko — primerjamo s primerjalnimi zvezdami, katerih sij poznamo. Natančnost meritve je v veliki meri odvisna od izkušnj opazovalca in od pravilnega pristopa k opazovanju. Izkušen opazovalec izmeri sij tudi do  $0.05^m$  natančno. O metodah vizualnega opazovanja bo govora kasneje.

Druga metoda je **fotografsko** ocenjevanje sija. Zvezde z različnim sijem različno počrtnijo fotografsko emulzijo. Bolj svetle zvezde naredijo večji krogec, šibkejša manjšega. Če na filmu izmerimo premere počrtnitev, dobimo neko informacijo o siju zvezde. Sam princip določanja sija je enak kot zgoraj - spremenljivko primerjamo z izbrano zvezdo, katere sij poznamo. Prednost pred vizualnim opazovanjem je vsekakor ta, da so meritve ponovljive in da ni nekega subjektivnega faktorja. Težava pa nastane, ker odziv fotografske plošče ni linearen z vpadno gostoto svetlobnega toka. To pomeni, da dvakrat svetlejša zvezda ne naredi vedno dvakrat večjega premera. Natančnost je zaradi tega omejena nekako na  $0.1^m$ . Dodatni moment je tudi različna spektralna občutljivost filmov. Zaradi tega je fotografsko izmerjen sij praviloma različen od vizualno izmerjenega.

Najnatčnejše lahko sij določimo s pomočjo **fotometričnih** metod. Pri tem s pomočjo svetlobno občutljivega elementa pretvorimo svetlobni signal v električni tok, ki ga nato izmerimo. Včasih so bili izredno popularni različni fotometri. Z njimi smo najprej izmerili sij spremenljivke, nato neba, nato primerjalne ter zopet neba. Serija takšnih meritev, je bila nato ena meritev. Danes so fotometri praktično izumrli, vsaj v amaterski astronomiji. Vse bolj jih nadomeščajo razne CCD kamere. Te imajo precej prednosti: od tega da je sama meritev bolj enostavna, do izredne linearnosti in dinamičnega razpona CCD kamer. Natančnost pri fotometrijskih metodah je v veliki meri odvisna od opazovalnih pogojev. V idealnih pogojih je lahko celo manjša od stotinke magnitude.

Za katero metodo se bomo odločili je odvisno od tega kaj imamo na voljo in kaj želimo opazovati. Dolgoperiodične spremenljivke, ki imajo velike amplitude spremembe sija, je vsekakor nesmiselno opazovati s CCD kamero. Tam je dovolj natančna meritev že na  $0.2^m$  natančno. Po drugi strani pa, če želimo opazovati spremenljivke, ki imajo izredno kratke

periode in majhne amplitude, je boljše da niti ne pomislimo na kaj drugega kot na CCD kamero.

Nadaljevanje bo posvečeno izključno vizualnemu opazovanju spremenljivk. Ta ima nedvomno precej prednosti pred vsem ostalim, če že ne drugega vsaj, kar se cene tiče.

### 6.2.3 Vizualno ocenjevanje sija

V okolici vsake spremenljivke je več zvezd s konstantnim sijem. Te nam služijo kot primerjalne zvezde. Sij spremenljivke določimo tako, da primerjamo sije primerjalnih zvezd in s sijem spremenljivke. Obstaja več metod s katerimi lahko vizualno ocenimo sij spremenljivke. Mi bomo omenili dve, ki sta najbolj v uporabi.

#### Argelandrova metoda

To metodo je predlagal eden od prvih opazovalcev spremenljivk F. Argelander. Izbrati si moramo dve zvezdi — eno svetlejšo drugo šibkejšo od spremenljivke — ki jih običajno označimo z A in B. Spremenljivko po dogovoru označujemo z V. Zaradi same natančnosti meritev je ugodno, da je razlika sijev med A in B nekje med  $0.5^m$  in  $1^m$ . Priporočljivo je tudi, da sta primerjalni zvezdi istega spektralnega tipa kot je spremenljivke<sup>6</sup>.

Pri Argelandrovi metodi določimo razliko med siji posameznih zvezd s pomočjo stopenj. Primerjamo primerjalno zvezdo in spremenljivko:

**Stopnja 0 :** Če se nam zdita obe zvezdi, primerjalna in spremenljivka, po daljšem opazovanju enako svetli, oziroma, če se nam enkrat ena zdi svetlejša drugič druga, zapišemo: A0V.

**Stopnja 1 :** Če sta na prvi pogled obe zvezdi enako svetli, po daljšem opazovanju in pogostem prehajanju od ene zvezde k drugi, pa se le izkaže, da je primerjalna svetlejša, zapišemo: A1V.

**Stopnja 2 :** Če je ena zvezda nedvomno svetlejša, to imenujemo razliko dveh stopenj in zapišemo : A2V.

**Stopnja 3 :** Stopnjo 3 uporabimo, ko je primerjalna nedvomno in precej svetlejša od spremenljivke. Takrat zapišemo: A3V

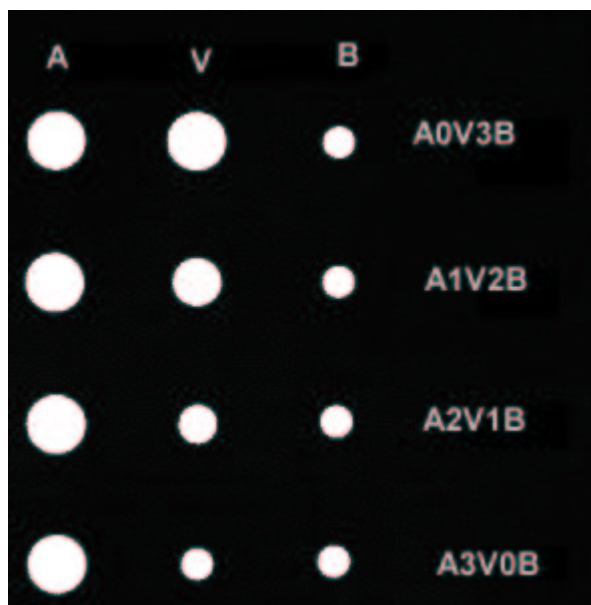
**Stopnja 4 :** Razlika med zvezdam je zelo očitna. Zapišemo: A4V.

Ob tem velja poudariti, da morajo biti ocene med seboj neodvisne. Vedno si izberemo tiste primerjalne zvezde, ki so ob določenem trenutku po siju najbližje spremenljivki. Ko naredimo meritev s svetlejšo zvezdo, ponovimo postopek še s primerjalno zvezdo B. Še nekaj velja pripomniti. V praksi se bolje izogniti meritvam z stopnjo 0 in 3 ali 4. Če se le da, uporabimo druge primerjalne zvezde.

Recimo, da smo ocenili, da je primerjalna A za dve stopnji svetlejša od spremenljivke, le-ta pa je za tri stopnje svetlejša od primerjalne B. Meritev zapišemo :

$$A2V3B$$

<sup>6</sup>Kar je praktično nemogoče za kefeide, ki skupaj s sijem tudi spreminjajo tudi barvo



Slika 6.7: Metoda ocenjevanja sija spremenljivke po Argelandrovi metodi.

Pri opazovanju moramo obvezno **zapisati čas meritev!** Brez zapisanega časa je meritev brez vrednosti. Zgornji zapis nam pove, da je velikost intervala med A in B 5 stopenj. Spremenljivka je za  $\frac{3}{5}$  intervala svetlejša kot B in za  $\frac{2}{5}$  temnejša od A. V splošnem zapišemo meritev:

$$ApVqB \quad ,$$

kjer sta  $p$  in  $q$  ustrezni stopnji. Sij spremenljivke nato izračunamo :

$$m_v = m_a + p \cdot \frac{(m_b - m_a)}{(p + q)} \quad (6.1)$$

V enčbi (6.1), sta  $m_a$  in  $m_b$  sija primerjalnih zvezd A in B,  $m_v$  pa sij spremenljivke.

### Pickeringova metoda

Argelandrova metoda je uporabna za ocenjevanje sija zvezd, ko je razlika med siji zvezd majhna. Ne glede na to, da je pojem *stopnja* nekoliko nedefinirana, opazovalec kaj hitro dobi potrebne izkušnje in njegova stopnja se stabilizira. Pri Pickeringovi metodi, ki jo je predlagal H. Pickering l. 1881, je pristop drugačen. Temelji namreč na interpolaciji sija med primerjalnima zvezdama. Enako kot pri Argelandrovi metodi, potrebujemo tudi tu vsaj dve primerjalni zvezdi - eno svetlejšo, drugo šibkejšo od spremenljivke.

Interval med sijema primerjalnih zvezd A in B v mislih razdelimo na deset stopenj. Nato moramo oceniti kam v tako razdeljen interval lahko uvrstimo sij spremenljivke. Recimo, da je spremenljivka malce šibkejša od A ter opazno svetlejša od B. Takšno meritev bi zapisali:

$$A3V7B.$$

Še enkrat poudarimo, da si moramo ob meritvi **vedno zapisati čas**. Če ne zapišemo časa je tako, kot da nismo nič izmerili. V splošnem bomo meritev zapisali tako kot prej:

$$ApVqB,$$

kjer je sedaj  $p + q = 10$ . Za izračun sija lahko uporabimo enačbo (6.1), ki jo seveda ustrezno spremenimo :

$$m_v = m_a + p \cdot \frac{(m_b - m_a)}{10} \quad (6.2)$$

Če je spremenljivka toliko šibkejša od A kot je svetlejša od B, bomo zapisali  $A5V5B$ . V kolikor je malenkostno bližje primerjalni A zapišemo  $A4V6B$ ... Če je spremenljivka le malenkostno šibkejša od A pa zapišemo  $A1V9B$ .

### Ostale metode

Poleg teg dveh obstaja še nekaj metod, ki pa so vse bolj primerne za izkušenejše opazovalce. **Pogsnova metoda** temelji na predpostavki, da je človeško oko zmožno razločiti desetinko magnitude razlike v siju. Pri Pogsnovi metodi gre kar za neposredno opazovanje. Potrebujemo samo eno primerjalno zvezdjo. Ocenjevanje poteka tako, da ocenimo za koliko je spremenljivka svetlejša ali temnejša od primerjalne. Prednost te metode je v tem, da kar neposredno določimo sij, ter da potrebujemo le eno primerjalno zvezdo. Za začetnike pa ni najprimernejša, ker je potrebno dovolj izkušenj pri opazovanju.

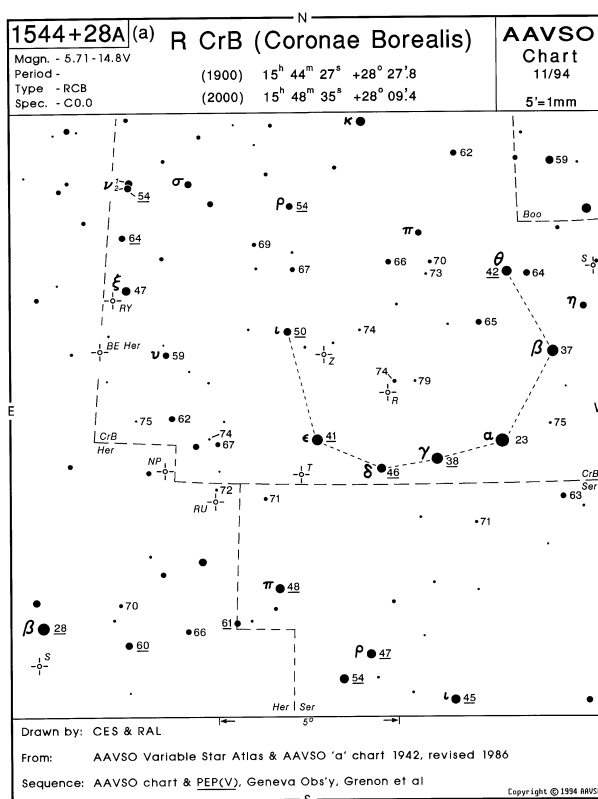
V literaturi zasledimo [8] še **Nyland-Blažkovovo** metodo. Pri tej metodi gre v bistvu za neko kombinacijo Argelandrove in Pickeringove metode. V bistvu ni to nič novega. V praksi se namreč izkaže, da imajo izkušeni opazovalci vedno neko svojo metodo, ki dostikrat vzame elemente iz obeh osnovnih metod ocenjevanja sija.

### 6.2.4 Priprava opazovanj

Kot povsod v življenju tudi pri opazovanju spremenljivk velja da je dobra priprava opazovanj pogoj za uspešno opazovanje<sup>7</sup>. Kaj je torej potrebno narediti pred vsakim opazovanjem? Odvisno je od tega, kakšne vrste spremenljivko opazujemo. Načeloma pa so potrebne sledeče stvari :

- Pred opazovanjem si moramo pripraviti zvezdno karto. Izbrati si moramo več primerjalnih zvezd in jih označiti. Primerjalne zvezde morajo biti izbrane tako, da pokrijejo celoten razpon spreminjanja sija spremenljivke. Pozorni moramo biti tudi na spektre zvezd. Dostikat lahko dobimo že pripravljene zvezdne karte, kar nam prihrani precej dela. Ob tem velja omeniti, da je zelo važen izvor kart - včasih se namreč zgodi, da karta ne ustreza dejanskemu stanju.
- Poleg zvezdne karte se moramo seznaniti tudi s tem, kako najdemo spremenljivko. Še tako dobra zvezdna karta nam ne bo pomagala, če zvezde ne bomo našli.
- Že pred opazovanjem se moramo seznaniti z opremo s katero bomo opazovali. To predvsem velja za večje teleskope in CCD kamere.
- Kratkoperiodične eklipsne spremenljivke opazujemo v njihovem primarnem minimumu. Zato si moramo poprej izračunati kdaj se bo to zgodilo. Kako to naredimo si bomo pogledali v nadaljevanju.

<sup>7</sup>Angleško govoroči narodi poznajo 5P pravilo : "proper preparation prevents poor performace"



Slika 6.8: Primer AAVSO-jeve zvezdne karte za spremenljivko R CrB

## Julijanski datum

Pojem julijanski datum bomo kar naprej srečevali. Ne samo pri opazovanju spremenljivk, temveč tudi na celotnem področju astronomije. Zato ni napak, če si na tem mestu na kratko pogledamo zakaj gre.

Pri zapisu datuma nemalokrat naletimo na težave. Za astronome ni ravno najbolj priročno, da se datum spremeni opolnoči. Zato moramo biti pri zapisu opazovanja zelo natančni, če se želimo izogniti dvoumnostim. Dostikrat pa nismo, in tako nastopijo težave.

Zato so se astronomi odločili, da bodo poenotili pisanje datuma in časa. Uvedli so tako imenovani **julijanski datum**. Enostavno so se dogovorili, da bodo od nekega dne začeli šteti dneve in vsak dan označili z zaporedno številko. Za začetni datum so si izbrali 1 januar 4713 pred našim štetjem. Takrat so rekli da je JD enak 1. Naslednji dan je bil že 2... Za razliko od običajnega datuma se julijanski datum spremeni opoldne in ne ob polnoči kot smo navajeni. Še na nekaj moramo biti pozorni. Sam čas merimo po srednjem sončnem času na Greenwichu. Pravimo mu **univerzalni čas**. Običajno ga označujemo z UT. Jasno se takoj zastavi vprašanje, kako naš čas, torej ta, ki ga odčitamo z ure, pretvorimo v univerzalni čas. Enostavno, upoštevamo spodnji enačbi:

$$UT = CET - 1^h$$

$$UT = CEST - 2^h.$$

Prvo enačbo uporabimo takrat, ko imamo pri nas zimski čas (*CET* : *Central European Time*), drugo pa v poletnem času (*CEST* : *Central European Summer Time*).

Poglejmo si na primeru, kako izračunamo datum. Recimo, da smo opazovali 7/8 julij 1999, meritev pa smo opravili ob 1:30 zjutraj. Najprej poiščemo julijanski datum. Dobimo ga lahko bodisi v [7] ali pa v astronomskih efemeridah Naše nebo, ki jih vsako leto izda AGO. Torej 7. julija 99 je bil bil  $JD=242451367$ . Meritev je bila narejena ob 1:30 CEST, kar pomeni 23:30 UT. Od začetka novega dneva po julijanskem datumu je preteklo 11 ur in 30 minut. Čas moramo pretvoriti v decimalni del :  $\frac{11.5}{24} \simeq 0.4792$ . Julijanski datum opazovanja torej zapišemo :

$$JD = 2451367.4792$$

Julijanski datum je sposoben izračunati vsak spodoben astronomski program, kot sta na primer *Guide* ali *XEphem*. Lahko ga izračunamo tudi sami. Spodnji postopek za izračun julijanskega datuma je povzet iz [10].

Najprej označimo leto, mesec in dan v mesecu, za katerega želimo izračunati julijanski datum z označimo  $Y$ ,  $M$  in  $D$ . Če je  $M > 2$ , odštejmo 3 od  $M$ , drugače prištejemo 9 k  $M$  ter odštejemo 1 od  $Y$ . Torej :

$$\begin{aligned} \text{IF } (M > 2) \quad & \text{THEN } M' = M - 3 \\ & \text{ELSE } M' = M + 9 \\ & Y' = Y - 1 \end{aligned}$$

Julijanski datum izračunamo s pomočjo sledeče enačbe :

$$JD = 1721104 + \text{int}(365.25 \cdot Y') + \text{int}(30.61 \cdot M' + 0.5) + D \quad (6.3)$$

Poglejmo si to na primeru. Izračunajmo julijanski datum za 7. julij 1999;  $M = 7$ ,  $D = 7$  in  $Y = 1999$ . Ker je  $M > 2$ , sledi da  $M' \implies M - 3$  to pomeni  $M' = 5$ . Sedaj izračunamo s pomočjo enačbe (6.3):

$$JD = 1721104 + \text{int}(730134, 75) + \text{int}(122.94) + 7$$

Rezultat zgornje enačbe je :  $JD = 2451367$ .

### Izračun minimuma

Kratko periodične eklipsne spremenljivke opazujemo v njihovem primarnem minimumu. Zato si moramo vnaprej izračunati, kdaj bo imela spremenljivka, ki jo želimo opazovati svoj minimum. Da bi to izračunali, potrebujemo dva podatka : epoho<sup>8</sup> (označimo jo z  $E$ ) ter periodo spreminjanja sija ( $p$ ). Epoho in periodo poiščemo v Krakowskem priročniku [7]. Za precej zvezd jih dobimo tudi v Muminoviću [5] vendar so nekateri podatki kar precej stari, tako da previdnost ni odveč. Najboljša referenca pa je še vedno Splošni katalog spremenljivih zvezd [12].

Najprej pretvorimo današnji datum v julijanski datum ( $JD$ ). Potem izračunamo koliko minimumov je minilo od tistega v epohi :

$$\Phi = \frac{JD - E}{p} - \text{int}\left(\frac{JD - E}{p}\right) \quad (6.4)$$

Prvi del v enačbi :  $\frac{JD-E}{p}$  nam pove, koliko ciklov je preteklo od minimuma epohe. Nas pa pravzaprav zanima zgolj to, kolikšen del periode je minil od zadnjega cikla, zato si

<sup>8</sup>epoha spremenljivke, je natančno izmerjen in v  $JD$  zapisan trenutek minama.



od  $\frac{JD-E}{P}$  zapišemo samo decimalni del. V enačbi (6.4), smo zato odšteli celoštevilski del ulomka (*int*, je pri programiranju funkcija, ki nam vrne celo število od izraza). Skratka,  $\Phi$  nam pove koliko delov periode, je minilo od zadnjega minimuma. Nas pa zanima, kdaj bo naslednji minimum :

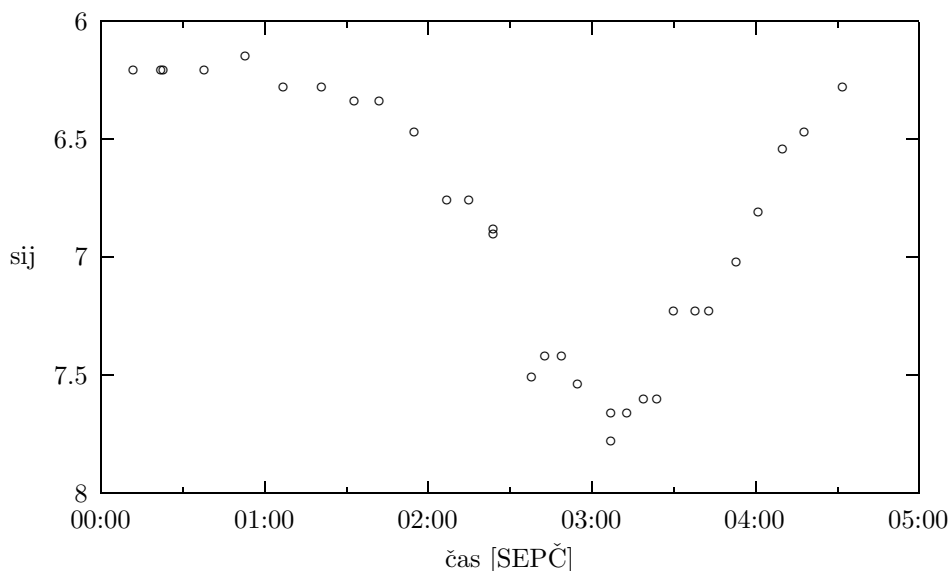
$$JD_{min} = JD + p \cdot (1 - \Phi) \quad (6.5)$$

$JD_{min}$  je trenutek minimuma v julijanskem datumu, ki ga moramo sedaj le še pretvoriti v dan, uro in minuto. Preden si bomo to pogledali na primeru še kratek komentar. V literaturi lahko poleg podatkov za eklipsne spremenljivke, dobimo tudi podatke za kefeide. Vendar je epoha pri kefeidah vedno podana za trenutek maksimuma. Za kefeide dobimo torej po zgoraj opisanem postopku trenutek maksimuma in ne minimuma, tako kot za eklipsne spremenljivke.

Praktičen izračun si bomo pogledali na primeru eklipsne spremenljivke RZ Casiopeje. RZ Casiopeje je eklipsna spremenljivka tipa Algol, ki je zelo primerna za opazovanje z binokularji. Njeni podatki so [12] :

Osnovne značilnosti RZ Cas					
$m_{max}$	$m_{min}$	perioda	koordinate [1950]	epoha	spekter
RZ Cas	$6.15^m$	$7.72^m$	1.195247 024422.8 + 692533	2443200.3063	A2

Tabela 6.1: Osnovne značilnosti spremenljivke RZ Cas.



Slika 6.9: Opazovanje primarnega minimuma eklipsne spremenljivke RZ Cas z 18/19 avgust 1998. Opazoval M. Pust z binokularjem 7x50.

Želimo izračunati, kdaj bo naslednji minimum od 16 avgusta 1998. Najprej pogledamo julijanski datum za ta dan:  $JD = 2451041$ . Podatke najprej vstavimo v enačbo (6.4). Dobimo:

$$\Phi = 0.87033318$$

To sedaj vstavimo še v enačbo(6.5) ter dobimo

$$JD_{min}^{(1)} = 2451041.1550$$

Zgled je poučen. Takoj vidimo, da bo naslednji minimum 16 avgusta, vendar okoli 15:45 UT popoldne. Nas pa seveda zanima, kdaj bo naslednji minimum ponoči. Zato izračunamo kdaj bo naslednji minimum - k prejšnjemu rezultatu prišetejemo periodo :

$$JD_{min}^{(2)} = JD_{min}^{(1)} + p = 2451042.3503$$

Naslednji minimum je torej 17 avgusta ob 20:25 UT, kar pomeni približno pol enajstih po našem času. To je že bolj zanimivo, vendar je minimum le malce zatem ko se stemni, zato ne moremo opazovati celotnega poteka. Izračunajmo torej še tretji naslednji minimum:

$$JD_{min}^{(3)} = JD_{min}^{(2)} + p = 2451043.5455$$

Če to pretvorimo nazaj v običajni datum: minimum bo 19. avgusta 1998 ob 3:06 CEST.

### 6.2.5 Nasveti za opazovanje

Ko smo si pripravili zvezdne karte, primerjalne zvezde in vse ostalo, sledi opazovanje. Vseeno je s katero metodo in katero spremenljivko bomo opazovali, če hočemo imeti kvalitetna opazovanja se moramo držati nekaj osnovnih načel:

- Naše oči se morajo privaditi na temo. Pred vsakim opazovanjem moramo zato biti od 15 do 20 minut v popolni temi. Pri opazovanju uporabljamo šibak rdeč izvor svetlobe.
- Pred vsako oceno najprej pogledamo kako svetla je spremenljivka glede na primerjalne zvezde. Če se le da, delamo oceno s tistimi primerjalnimi, ki so nedvomno svetlejši ali temnejši od primerjalne vendar pa ne preveč.
- Kar se spektralnega tipa tiče, naj bodo primerjalne čim bolj podobne spremenljivki. Naše oko ima namreč različno občutljivost za različne barve, in včasih je to lahko vzrok napak.
- Meritve naj bodo kar se da neodvisne ena od druge. Pri vsaki meritvi skušamo pozabiti, kakšna je bila naša prejšnja meritev.
- Če opazuje več opazovalcev skupaj, se nikakor ne smemo pogovarjati o ocenah sija. Takšne meritve namreč niso neodvisne.
- Vsako meritev si moramo zapisati. Zapišemo si tudi čas. Pri zapisu časa ni treba pretiravati v natančnosti, povsem dovolj je, če ga zapišemo na minuto natančno. Pri dolgoperiodičnih in počasnih nepravilnih in polpravilnih spremenljivkah zapišemo dan na 0.1 dne natančno. Datum vedno zapisujemo v dvojnem formatu - na primer 22/23 junij 1997.
- Zapisati si moramo tudi pogoje opazovanja : prisotnost Lune, oblačnost, kvaliteto atmosfere in podobno. Poleg tega si moramo zapisati tudi s katerim inštrumentom smo opazovali, kaj smo opazovali ter sije primerjalnih zvezd.

## 6.2.6 Obdelava meritev

Obdelava meritev je odvisna od tega kaj opazujemo in kakšne rezultate želimo dobiti. Pri kratkoperiodičnih spremenljivkah običajno opazujemo eno noč. Meritve delamo eno za drugo v približno deset minutnih intervalih. Poleg same svetlobne krivulje želimo tudi določiti trenutek minimuma. Po drugi strani opazujemo dolgoperiodične spremenljivke tudi več let. Dovolj je, če meritev naredimo enkrat mesečno. Lahko si privoščimo, da naredimo več meritev in tako izboljšamo natančnost naših rezultatov. Obdelava meritev je različna v obeh primerih, kar si bomo podrobneje pogledali v nadaljevanju.

Ne glede na to, kaj in kako smo opazovali, moramo najprej iz samih meritev izračunati sije spremenljivke. Pri tem uporabimo enačbo (6.1) oziroma (6.2), odvisno pač od metode po kateri smo opazovali. Med opazovanjem nismo ravno najbolj pozorni na obliko zapisa meritev. Zato je zelo zaželeno, da si takoj naslednje jutro vse meritve prepisemo v opazovalni dnevnik. Zraven zapišemo tudi obdelane rezultate. Ta lahko izgleda približno tako :

Meritev	čas(UT)	sij	JD
B2V3D	22:36	7.1 <sup>m</sup>	2451323.442
B2V4D	22:57	7.16 <sup>m</sup>	2451323.457
⋮		⋮	

Tabela 6.2: Primer zapisa meritev pri opazovanju spremenljivk.

### Povprečje meritev

Pri opazovanju dolgoperiodičnih spremenljivk običajno naredimo več meritev z več različnimi primerjalnimi zvezdami. It meritev nato izračunamo povprečje ter določimo statistično napako. Recimo, da smo v noči naredili  $n$  meritev :  $\{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ . Najprej izračunamo povprečje teh meritev :

$$\bar{m} = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n m_i \quad (6.6)$$

Nato s pomočjo meritev in povprečne vrednosti določimo še *standardno deviacijo*. Standardna deviacija je merilo za statistično napako naših meritev.

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{n \cdot (n - 1)} \cdot \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2 \quad (6.7)$$

Končen rezultat meritve je zapišemo :  $\bar{m} \pm \sigma_n$ . Obstaja še eno merilo o tem kako dobre so naše meritve. Pogledmo koliko meritev pade znotraj  $\bar{m} \pm \sigma_n$ . Če znotraj tega intervala padeta vsaj dve tretjini meritev, potem so naše meritve dovolj kvalitetne.

Mogoče velja opomniti le še to, da za izračun povprečnih vrednosti ter standardne deviacije potrebujemo vsaj tri meritve, ki so narejene ob istem trenutku. Pri kratkoperiodičnih spremenljivkah tega ne moremo doseči, kajti tam se lahko sij spremeni že v desetih minutah. Zato je ta postopek največkrat uporablja pri meritvah spremenljivk z nekoliko daljšimi periodami.

## Določitev trenutka minimuma

Opazovanje kratkoperiodičnih spremenljivk ima dva rezultata: samo svetlobno krivuljo ter trenutek minimuma. S stališča znanstvenega prispevka ima slednji celo večjo vrednost. Na tem mestu si bomo ogledali, kako določimo trenutek ekstrema iz naših meritev.

Najprej je potrebno narisati svetlobno krivuljo. Na abciso nanašamo čas, na ordinato pa sij zvezde. Poleg časa lahko na abciso nanašamo tudi julijanski datum ali fazo (6.4). Slednja je zelo koristana, če želimo združiti več različnih serij meritev na isti graf. Rezultat je nekaj podobnega kot je na sliki 6.9 ali 6.10. Ob tem je potrebno opozoriti, da ima risanje svetlobnih krivulj s pomočjo programske opreme določene značilnosti. Na ordinati poteka številka os od zgoraj navzdol, ravno nasprotno kot smo navajeni pri običajnih grafih. Veliko programske opreme za risanje grafov (na primer *MS Excell*) ima s tem težave. Primerna programa sta na primer komercialni *Origin* ali *GnuPlot* (*freeware*).

V literaturi največkrat beremo o **Pogsonovi metodi tetiv**. Čeprav na prvi pogled čudna, pa je metoda uporabna predvsem tam, kjer imamo nesimetrični potek minimuma. Najprej narišemo potek krivulje sija. Na ordinato nanašamo čas, na abciso pa sij spremenljivke. Skozi tako dobljen graf ročno potegnemo krivuljo. Krivuljo potegnemo tako, da se le-ta kar najbolj prilagaja meritvam. Nato z premicami vzdolžno presečemo krivuljo ter določimo središče presečišča. Skozi ta središča nato potegnemo premico in pogledam, kje seka svetlobno krivuljo spremenljivke. To presečišče je iskani trenutek minimuma. Še nekaj podobnih metod obstaja. Omenimo samo tako imenovano "tracing paper" metodo, ali pa metodo presečišč.

Obstaja tudi več računskih metod. Nekateri svetujejo, da s pomočjo metode najmanjših kvadratov, določimo parabolo, ki se najbolj prilagaja meritvam. Metoda je uporabna pri simetričnih krivuljah in pri spremenljivkah, katerih sij ne zastane v minimumu. Drugi zopet predlagajo modeliranje s kubičnim polinomom, ki naj bi vsaj deloma odpravil težave z simetrijo. Tudi Hertzprungova metoda je zelo primerna za računalnike. Težava je v tem, da je izredno težko dobiti članek, kjer je ta postopek opisan.

## Heliocentrični popravek

Pri zvezdah, ki imajo periode krajše od pet dni, moramo pri O-C upoštevati še gibanje Zemlje okoli Sonca. Tekom leta se namreč oddaljenost od Zemlje do spremenljivke menja. Ta razlika lahko, vsaj teoretično, znaša 16 minut. Zato vse izračune časa prevedemo na koordinatni sistem s središčem v Soncu. Ta popravek izračunamo po spodnji enačbi [5]:

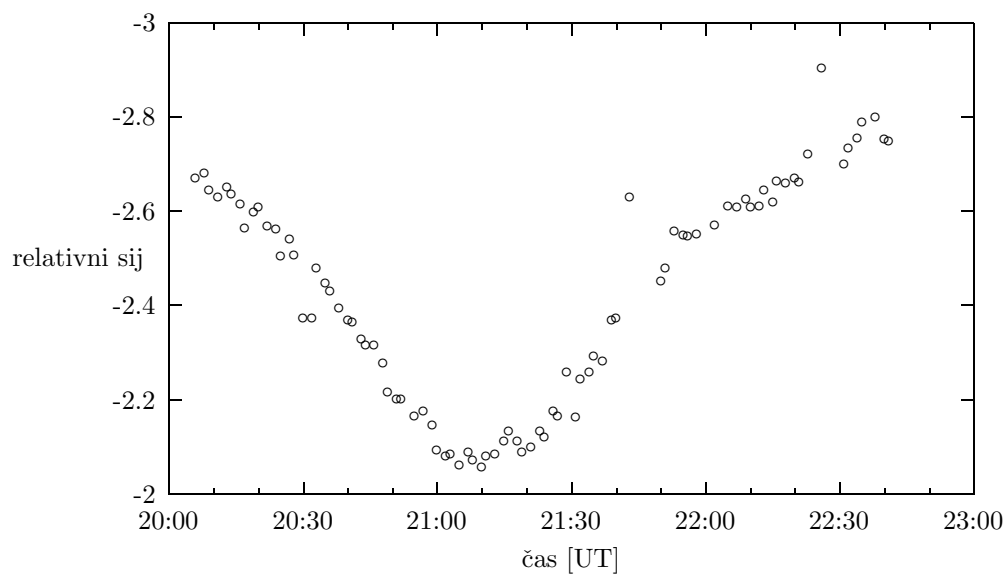
$$\Delta t = -0.0058 \cdot \cos(L_{\odot} - \lambda) \cdot \cos(\beta) \quad (6.8)$$

V enačbi (6.8) je  $\lambda$  je ekliptična dolžina zvezde,  $\beta$  je njena ekliptična širina in ( $L_{\odot}$  je ekliptična širina Sonca. Številka 0.0058 pred izrazom predstavlja čas izražen v dnevih, ki ga potrebuje svetloba, da prepotuje eno astronomsko enoto. Seveda jo lahko izrazimo tudi v minutah ( $8.308^m$ ). Ekliptične koordinate zvezde se izračunajo s pomočjo sledečih enačb:

$$\sin \beta = \cos \varepsilon \cdot \sin \delta - \sin \varepsilon \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha \quad (6.9)$$

$$\cos \beta \cdot \cos \lambda = \cos \delta \cdot \cos \alpha \quad (6.10)$$

$$\cos \beta \cdot \sin \lambda = \sin \varepsilon \cdot \sin \delta + \cos \varepsilon \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha \quad , \quad (6.11)$$



Slika 6.10: Primarni minimum eklipsne spremenljivke W UMa. Opazovanje je bilo narejeno z CCD kamero ST-6 in 25 cm teleskopom na observatoriju Golovec. Opazovali so B. Dintinjana, N. Štritof in M. Pust.

kjer je  $\varepsilon$  naklon ekliptike ( $+23^{\circ}26'21''$ , 1980),  $\alpha$  in  $\delta$  pa rektascenzija oziroma deklinacija spremenljivke. Ko opazovanjem dodamo heliocentrični potravek, julijanski datum občajno označimo z  $JD_{\odot}$  ali  $JD_{hel}$ .



**Del II**  
**Poročilo 2001**





# MLADINSKI ASTRONOMSKI TABOR

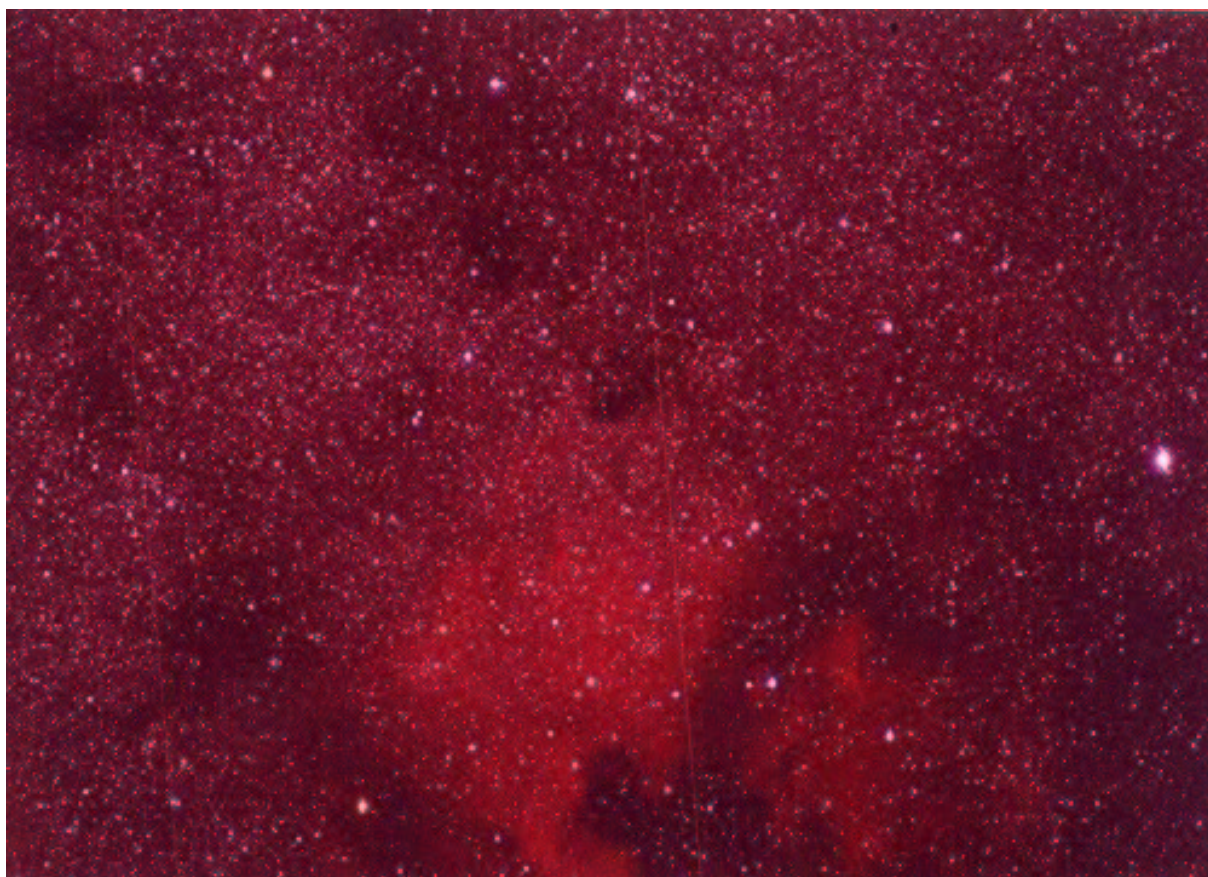
## Medvedje Brdo 2001

*poročilo*

Urednika:

Aram Karalič

Marko Pust



NGC7000 (Severna Amerika), 15./16.8.2001,  $f = 300$  mm,  $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 15 minut. Foto: Nika in Teja.

**Astronomsko društvo Javornik**

Ljubljana

2001



# Poglavje 7

## Uvod

### 7.1 Uvod urednika poročila

Poročilo lanskega tabora (Medvedje Brdo 2000) smo izdali šele leta 2001. Glavni vzrok zamude: po zaključku tabora so mentorji celo večnost urejali in dokončevali nedokončana poročila svojih skupin.

Letos te zamude nikakor nismo želeli ponoviti, zato smo ubrali drugačno strategijo. Vsi so morali poročila zaključiti še na taboru, natančneje do poldneva zadnjega dne tabora. Eksperiment je bil očitno uspešen, saj poročilo izhaja še istega leta.

Sam sem bil pozitivno presenečen nad količino poročil. Tabor je namreč trajal le en teden in preden je lahko udeleženec napisal poročilo, se je moral najprej seznaniti s snovjo, opraviti opazovanja in obdelati rezultate.

Zato se vsem, ki so svoja poročila uspešno dokončali in oddali v roku, zahvaljujem za vložen trud in jim želim še veliko astronomskih užitkov.

*Aram*

### 7.2 Uvod vodje tabora

Za nami je dvaindvajseti tabor, ki ga je organiziralo Astronomsko Društvo Javornik in triindvajseti po vrsti. Pri prvem (davnega leta 1979) smo bili še sekcija prirodoslovnega društva in če se prav spominjam je bilo zaradi lepega vremena ravno tako naporno. Po odličnem vzdušju pa prvi in drugi tabor še nista bila presežena (žal). Seveda s tem ne trdim, da se tokrat nismo imeli dobro. Dela in zabave je bilo dovolj. Pa tudi skrbi, vsaj za vodjo tabora, ki mora imeti pregled nad dogajanjem in poskrbeti, da stvari ne uidejo iz rok. Nekaj več discipline vsekakor ne bi škodilo. Ko se dela se dela in zabava takrat, ko je čas za to. Udeleženci so bili sicer zelo prizadevni, vendar bi se lahko našlo kake tri ali štiri, ki so vsaj občasno kvarili vzdušje — tudi na igrišču.

Sicer pa konec dober, vse dobro. Mislim, da je bilo narejenega veliko, morda več kot

kdajkoli do sedaj. Zato ni vzroka za pritoževanje, kako so šli nekateri filmi k vragu in podobno.

Bolj težko je namreč dobro voditi tabor in biti dober mentor obenem. Poleg tega pa še posneti ISS z videokamero, digitalizirati slike, naravnati os Meada LX 200, pomagati pri postavljanju in priključitvi CCD kamere in snemanju, nastaviti ostrino na enem od monitorjev pa še kar nekaj tega bi se našlo.

Omeniti velja še vreme, ki nas zadnji dve leti "kaznuje" z neprespanimi nočmi in veliko opazovanji. No, zadnji dve noči je bilo nekaj časa celo delno oblačno!

Predno zaključim, bi še omenil košarkarski turnir, ki se je žal končal nekje pri četrtfinalu, pa nogometno tekmo, ki je bila samo ena. Sicer pa so se (ali smo) vedno našli kaki neutrudni zagnanci, ki so metali na koš ali igrali namizni tenis tudi ob šestih zjutraj po neprespani noči.

Na koncu seveda ne gre brez zahvale Zvezi za tehnično kulturo Slovenije. Brez njih najbrž sploh ne bi šlo. In seveda zahvala osebju v domu Medved za veliko potrpežljivosti in dobro hrano, pa še Robertu na civilnem služenju, ki mi je priskrbel vse podatke z interneta, ki sem jih potreboval.

Vsem, ki so prišli na tabor pa hvala za udeležbo in nasvidenje prihodnje leto!

*Igor Grom, vodja tabora*

## 7.3 Delovne skupine

- Skupina za astrofiziko
- Skupina za astrofotografijo
- Skupina za meteorje
- Splošna skupina

## 7.4 Mentorji

- Igor Grom, Kušarjeva 7, 1000 Ljubljana
- Dunja Fabjan, Zoisova 2 (Narodna U. 138/2), 34016 Opčine, Trst, 19.12.1979, dunja@infis.univ.trieste.it
- Tomaž Pust, Štefanova 9, 1000 Ljubljana, 11.2.1976
- Primož Kajdič, Žitna ul. 27, 9000 Murska Sobota, 22.9.1978, primozk@s-gms.ms.edus.si
- Stane Slavec, Kajakaška 11, Ljubljana-Tacen
- Marko Pust, Pohorskega bataljona 87, 1113 Ljubljana, 20.10.1969, marko\_pust@yahoo.com
- Niko Štritof, Kušarjeva 11, 1113 Ljubljana

## 7.5 Udeleženci

- Teja Fabjan, Kobdilj 5f, 6222 Štanjel, 28.10.1985, teja.fabjan@guest.arnes.si
- Denis Golež, Ulica v zadrže 18, 3240 Šmarje pri Jelšah, 10.10.1986, denis.golez@guest.arnes.si
- Peter Preskar, Zibika 20, 3253 Pristava pri Mestinju, 28.7.1986,
- Mia Srebrnjak, Dol. Suhadol 30, 8321 Brusnice, 17.6.1986
- Rok Brajkovič, Ljubljanska cesta 76, 1230 Domžale, 7.12.1986
- Irena Vitez, Na terasah 5, 6310 Izola, 5.12.1987,
- Jože Mužerlin, Babna Reka 35, 3264 Sveti Štefan,
- Primož Kuk, Podmark 16, 5290 Šempeter pri Gorici, 1.10.1982, primoz\_kuk@hotmail.com
- Samo Smrke, Sodišinci 14, 9251 Tišina, 5.8.1985, smrkob@yahoo.com
- Andrej Lužnik, Iztokova 68, 5000 Nova Gorica, 1.6.1984, andrej.luznik@siol.net
- Marko Toroš, Barbana 10a, 5212 Dobrovo, 2.4.1984, mtoros@slo.net
- Angelo Mohorovič, Brodarjev trg 3, 1000 Ljubljana, 22.3.1984,
- Iztok Levac, Meline 7, 5281 Sp. Idrija, 1.3.1985, levac.iztok@email.si
- Špela Šemrl, Rudarska c. 33, 5280 Idrija, 29.7.1985,
- Matevž Pucer, Hrvatini 40/a, 6280 Ankaran, 27.6.1988, mato\_pinja@guest.arnes.si
- Klemen Prah, Brezovec 7, 3252 Rogatec, 29.4.1973, klemen.prah@guest.arnes.si
- Matej Drašler, Cankarjevo nabrežje 8, 1360 Vrhnika, 25.11.1983
- Primož Pucelj, Ljubljanska c. 4/e, 1290 Grosuplje, 19.11.1986
- Žiga Pucelj, Ljubljanska c. 4/e, 1290 Grosuplje, 6.7.1984
- Klas Preželj, Zg. Gorje 87, 4247 Zgornje Gorje, 10.06.1985

- Nika Košir, Prušnikova 23, 1000 Ljubljana, 22.5.1986, draga.nika@siol.net
- Irena Uršič, Tivolska 36, 1000 Ljubljana, 19.4.1986
- Andrej Ondračka, Jačka 51, 1370 Logatec, 17.5.1986
- Katja Kolar, Iga Grudna 11, 1000 Ljubljana, 18.5.1987

# Poglavje 8

## Skupina za astrofiziko

*Mentor: Primož Kajdič alias Šerif*

### 8.1 Uvod

Na taboru sta me takoj na začetku presenetili dve stvari: da bom vodil skupino za astrofiziko ter število udeležencev, ki se je v skupino prijavilo. Deset ljudi je za dvakrat preseglo moja pričakovanja. Vendar je bilo delo z njimi prijetno, saj so bili vsi zelo zagreti za delo. Poleg tega so se vsega hitro naučili.

Udeleženci so me takoj na začetku krstili za šerifa in to ime se me je prijelo. Na srečo mi ni bilo treba bojevati dvobojev. Svojo ustvarjalnost pa so pripadniki moje skupine pokazali tudi ostale dni. Predvsem Marko se je izkazal s svojim računalniškim programom, ki simulira gibanje teles zaradi njihovega medsebojne gravitacijske interakcije.

V skupini smo vse dni delali intenzivno, kar na začetku ni ustrezalo nekaterim pripadnikom moje skupine. S tem so se morali sprijazniti. Mene pa tudi ni skrbelo, da bi se mi udeleženci razbežali v druge skupine.

Aktivnosti so potekale ponoči in podnevi. Čez dan smo se ukvarjali predvsem s teorijo. Teme, ki smo jih obravnavali, so bile:

- Siji zvezd — tu so se naučili kaj je navidezna in kaj absolutna magnituda ter zvezo med njima. Izvedeli so nekaj osnovnih fizikalnih pojmov, kot so gostota svetlobnega toka, moč svetila, naučili pa so se tudi logaritmov.
- Spektri — udeleženci so izvedeli, kaj spektri so, kakšne tipe spektrov poznamo ter kako nastanejo emisijske ter absorpcijske črte. Naučili so se iz spektrov z uporabo Dopplerjevega pojava izračunati hitrosti nebesnih teles. Kot primer smo iz Saturnovega spektra izračunali njegovo vrtilno dobo.
- Meteorji — tu smo spoznali, s čim se ukvarjajo naši kolegi v skupini Meteorji. Udeleženci so se seznanili s teorijo o nastanku meteorjev ter kako se jih opazuje. Naučili so se izračunati ZHR. Vsak ga je tudi izračunal iz svojih opazovanj.
- Nebesna mehanika — udeleženci so spoznali Keplerjeve zakone, siderski in sinodski obhodni čas... Marko je naredil na računalniku zanimivo simulacijo gibanja

nebesnih teles.

- Razdalje v astronomiji — na srečo je imel Mare en dan prej uvodno predavanje o spremenljivih zvezdah, tako da meni ni bilo treba razlagati vsega od začetka. Udeležence sem poučil, kako se z opazovanji kefeid iz njihove periode ter sija izračuna razdalja do njih. Sami so s to metodo izračunali razdaljo do Magellanovih oblakov.

Nočne aktivnosti:

- Spreminjanje mejnega sija neba v odvisnosti od višine nad obzorjem z metodo štetja zvezd v zvezdnih trikotnikih.
- Seznanjanje z nebesnimi objekti — udeleženci so se jih naučili poiskati z binokularjem ter teleskopom
- Astronomska fotografija — vsi udeleženci smo posneli objekt po lastni izbiri z metodo “prašičkov hrbet”, v primarnem gorišču ter z okularno projekcijo.
- Opazovanja meteorjev.

Seveda bi lahko obravnavali še veliko zanimivih tem za kar pa na žalost ni bilo časa. Za konec lahko vse pripadnike moje skupine pohvalim. Njihovo pridnost sta prekašala samo še njihova brihtnost ter smisel za humor. Rezultate pa si lahko pogledate na nekaj naslednjih straneh.

*Primož Kajdič — Šerif*

JD 2452140.62438



## 8.2 Izračun hitrosti vrtenja Saturna

*Andrej Ondračka, Katja Kolar, Primož Kajdič (mentor)*

Hitrost vrtenja Saturna okoli svoje osi smo izračunali iz naklona spektralnih črt v njegovem spektru. Zaradi Dopplerjevega pojava se telo, ki se spekter vrtečega telesa na strani, ki se od nas oddaljuje, premakne proti rdečim barvam, na drugi strani pa k modrim. Iz tega, kako se črte, ki na grafu zaradi nekaterih snovi, ki sevanje z določenimi valovnimi dolžinami absorbirajo, nagnejo, lahko izračunamo hitrost vrtenja Saturna.

Na fotokopiji članka iz revije *Sky & Telescope* smo imeli Saturnov spekter, ki smo ga morali sprva umeriti. To smo naredili tako, da smo z ravnilom izmerili razdaljo med dvema oznakama, ki sta označevali valovno dolžino v spektru, in te preračunali v valovno dolžino (ångströme). Nato smo izmerili razliko valovnih dolžin med zgornjim in spodnjim koncem črte. To smo preračunali v ångströme in v dobljeni podatek vstavili v enačbo. To smo ponovili pri treh različnih črtah. Iz tega smo izračunali povprečje.

$$\begin{aligned}
 2(\lambda_1 - \lambda_0) &= 2 \text{ mm} : 1,14 \text{ \AA} \\
 22,5 \text{ mm} &: 12,83 \text{ \AA} \\
 \lambda_1 &= 6271,28 \text{ \AA} + 12,83 \text{ \AA} \\
 \lambda_1 &= 6230,11 \text{ \AA} \\
 \lambda_2 &= 6230,11 \text{ \AA} + 1,14 \text{ \AA} \\
 \lambda_2 &= 6231,25 \text{ \AA} \\
 \lambda_0 &= 6230,68 \text{ \AA} \\
 \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{4\lambda_0} &= \frac{v}{c} \\
 c \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{4\lambda_0} &= v \\
 v &= 300000 \text{ km/s} \cdot \frac{1,14 \text{ \AA}}{4 \cdot 6230,68 \text{ \AA}} \\
 v &= 13,72 \text{ km/s}
 \end{aligned}$$

Ko smo po istem postopku izračunali še za dve črti, smo dobili rezultata:

$$v = 13,75 \text{ km/s}$$

in

$$v = 13,69 \text{ km/s}$$

Iz teh rezultatov sva dobili povprečje, ki je znašalo:

$$v = 13,72 \text{ km/s}.$$

Iz tega smo izračunali še vrtilni čas Saturna.

$$r_{\text{SATURN}} = 60400 \text{ km}$$

$$2 \cdot \pi \cdot 60400 \text{ km} = 379504 \text{ km}$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{379504 \text{ km}}{13,72 \text{ km/s}}$$

$$t = 27660 \text{ s} = 7,68 \text{ h}$$

Tabela prikazuje rezultate vseh članov skupine in odstopanja teh od povprečja ter dejanske hitrosti.

Ime in priimek	Hitrost vrtenja [km/s]	Vrtilni čas [h]
Marko Toroš	13,50	7,81
Angelo Mohorovič	13,50	7,81
Nika Košir	10,27	10,26
Teja Fabian	8,99	11,73
Katja Kolar	13,72	7,68
Andrej Ondračka	13,72	7,68
<b>Povprečje</b>	12,28	8,83
<b>Dejanski rezultat</b>	9,6	10,23

**Komentar:** Namen te vaje je bil ugotoviti hitrost vrtenja Saturna in dobljen rezultat primerjati s podatkom iz knjige. Dobljen povprečni rezultat kar precej odstopa od podatka iz knjige. Prvi vzrok za to je nenatančno ravnilo, s katerim smo merili razdalje na spektru. Drugi vzrok pa je ta, da je bil graf nejasen, saj je bil slabo fotokopiran.

### 8.2.1 Literatura

*Sky & Telescope*, Marec 1979.

## 8.3 Mejna magnituda neba v odvisnosti od višine nad obzorjem

*Teja, Nika, Primož Kajdič (mentor)*

### 8.3.1 Uvod

Drugo noč smo se odločili, da bomo izmerili, kako se mejni sij neba spreminja z višino nad obzorjem. Povedali so nam, da je mejna magnituda neba v zenitu večja, kot nad obzorjem. Ampak saj veste mi smo radovedni in nejeverni in smo to seveda morali preveriti. Svetloba nebesnih teles, ki so nad obzorjem opravi daljšo pot skozi atmosfero, kot svetloba teles, ki so v zenitu. Svetloba se v atmosferi absorbira. Nebesno telo je svetlejšje ko se nahaja v zenitu, kot pa kadar je tik nad obzorjem.

### 8.3.2 Kako smo se tega lotili

Najprej smo na zvezdni karti vnaprej določili zvezdne trikotnike v katerih smo prešteli zvezde v njih. Ko smo zvečer ležali na hribu, smo si premislili in šteli druge trikotnike. Šteli smo zvezde v trikotnikih, ki jih drugače uporabljajo pri meteorjih, št. 3, 5, 6, 12, 14, 15 in 16. S pomočjo tabel smo ugotovili mejno magnitudo trikotnikov (vsak za svoj primer).

št. trikotnika	SEPC	št. zvezd / magnituda													
		Andrej	Katja	Rok	Teja	Nika	Marko	Angelo	Trio Pucelj						
3	23:14 – 23:17	7 4.83	11 5.66	14 5.97	16 6.30	10 5.49	7 4.83	8 5.13	13 5.79						
5	23:46 – 23:50	10 6.31	11 6.36	16 6.90	13 6.72	13 6.72	5 5.16	8 5.30	11 6.36						
6	23:56 – 23:58	10 6.14	11 6.17	15 6.29	12 6.25	11 6.17	10 6.14	8 5.80	11 6.17						
12	22:53 – 23:00	13 6.25	14 6.34	13 6.25	15 6.51	13 6.25	10 5.23	10 5.23	13 6.25						
14	23:33 – 23:37	14 6.04	14 6.04	14 6.04	18 6.34	14 6.04	8 5.06	8 5.06	15 6.25						
15	23:24 – 23:37	15 6.29	15 6.29	18 6.36	18 6.36	18 6.36	11 6.06	9 5.92	15 6.29						
16	23:05 – 23:10	8 5.85	8 5.85	9 5.88	10 6.11	9 5.88	8 5.85	8 5.85	8 5.85						

Zvezdne trikotnike omejujejo tri svetlejšje zvezde. Preden smo se lotili štetja smo si zapisali čas v SEPC, nato smo začeli šteti vse zvezde v trikotniku vključno s tistimi, ki trikotnik omejujejo. Ko smo prešteli vse zvezde v določenem trikotniku smo si zapisali število zvezd in čas konca štetja. Ko smo prešteli vse trikotnike smo s pomočjo tabel ugotovili mejno magnitudo. Primer: Rok je v trikotniku št. 3 naštel 14 zvezd, potem je iz tabel odčital mejno magnitudo trikotnika, kar je v njegovem primeru 5.97.

Naslednji dan sva dobili nalogo, da zbereva in obdelava podatke. Najprej sva določili višino trikotnikov nad obzorjem: trikotnik št. 15 je najvišje —  $76^\circ$  nad obzorjem, trikotnik št. 14 —  $73^\circ$ , 5 —  $52^\circ$ , 16 —  $30^\circ$ , 6 —  $28^\circ$ , 12 —  $26^\circ$  in 3 —  $19^\circ$ .

$h$ trikotnika [°]	SEPC	Andrej	Katja	Rok	Teja	Nika	Marko	Angelo	Trio Pucelj
76	23:24 – 23:37	15 6.29	15 6.29	18 6.36	18 6.36	18 6.36	11 6.06	9 5.92	15 6.29
73	23:33 – 23:37	14 6.04	14 6.04	14 6.04	18 6.34	14 6.04	8 5.06	8 5.85	8 5.85
52	23:46 – 23:50	10 6.31	11 6.36	16 6.90	13 6.72	13 6.72	5 5.16	8 5.30	11 6.36
30	23:05 – 23:10	8 5.85	8 5.85	9 5.88	10 6.11	9 5.88	8 5.85	8 5.85	8 5.85
28	23:56 – 23:58	10 6.14	11 6.17	15 6.29	12 6.25	11 6.17	10 6.14	8 5.80	11 6.17
26	22:53 – 23:00	13 6.25	14 6.34	13 6.25	15 6.51	13 6.25	10 5.23	10 5.23	13 6.25
19	23:14 – 23:17	7 4.83	11 5.66	14 5.97	16 6.30	10 5.49	7 4.83	8 5.13	13 5.79

### 8.3.3 Ugotovitev

Iz zbranih podatkov sva ugotovili, da se res mejni sij neba z višino nad obzorjem večja in da bi lahko verjeli na besedo, da je to res.

$h$ trikotnika [°]	št. trikotnika	SEPC	povprečja
76	15	23:24 – 23:37	14.875 6.31
73	14	23:33 – 23:37	12.25 5.91
52	5	23:46 – 23:50	10.875 6.23
30	16	23:05 – 23:10	8.5 5.89
28	6	23:56 – 23:58	11 6.14
26	12	22:53 – 23:00	12.625 6.05
19	3	23:14 – 23:17	10.75 5.50

Med posameznimi meritvami so odstopanja. Nekatere zvezde so namreč tako šibke, da se težko odločiš ali jo sploh vidiš. Naša napaka pa je tudi bila, ker smo naglas šteli zvezde. Tega ne bi smeli, ker s tem vplivamo na medsebojne rezultate.

## 8.4 Nebesna mehanika

Marko Toroš, Angelo Mohorovič, Primož Kajdič (mentor)

Povod za prve zakone, ki dokaj točno opisujejo gibanje planetov je izraz dela Tycha Braheja. Iz teh opazovanj je kasneje Johannes Kepler dobil tri zakone:

1. Planeti se gibljejo okoli Sonca po elipsah. V skupnem gorišču teh elips je Sonce.
2. Zveznica Sonce-planet opiše v enakih časovnih intervalih enake ploščine.
3. Razmerje kvadrata siderskega obhodnega časa in kuba velike polosi njegovega eliptičnega tira je pri vseh planetih enako.

Pred potjo do teh zakonov pa moramo definirati nekaj pojmov:

- a) *Siderski (zvezdni) obhodni čas* planeta je časovni presledek, v katerem napravi planet polni obhod okoli Sonca glede na zvezde.
- b) *Sinodski obhodni čas* planeta je časovni interval med dvema enakima konfiguracijama planeta.

Zveza med sinodskim in siderskim časom planeta je mogoče dobiti s pomočjo sledeče enačbe:

$$\omega_{Zemlje} \cdot t_{sin} - \omega_{planeta} \cdot t_{sin} = \left( \frac{360^\circ}{t_Z} - \frac{360^\circ}{t_{sid}} \right) \cdot t_{sin} = 360^\circ$$

Kjer je  $t_Z$  siderski obhodni čas Zemlje,  $t_{sid}$  siderski obhod zunanjšega planeta (če bi vzeli notranji planet bi se kotne hitrosti zamenjale ( $(\omega_{planeta} - \omega_{Zemlje}) \cdot t_{sin} = 360^\circ$ ),  $t_{sin}$  sinodski obhodni čas planeta. Enačbo dobimo tako da opišemo čas  $t_{sin}$ , ki določa, kdaj bosta Zemlja in zunanji planet v opoziciji, to pa bo natanko takrat ko bo Zemlja naredila en obhod okoli Sonca več. Tu je poenostavljena pot okoli Sonca kot opis krožnice. Enačbo lahko še poenostavimo:

- a) notranji planeti:  $\frac{1}{t_{sid}} - \frac{1}{t_Z} = \frac{1}{t_{sin}}$
- b) zunanji planeti:  $\frac{1}{t_Z} - \frac{1}{t_{sid}} = \frac{1}{t_{sin}}$

Tu je Kepler poenostavljeno začrtal Zemljin tir kot krožnico (Zemlja ima majhno sploščenost tira) in izračunal siderski obhodni čas planeta (Marsa), ki je znašal 687 dni. Nato je počasi izrisoval tirnico planeta, ki se je pokazala kot elipsa (za določen čas  $t$  je lahko določil  $t_{sid}$  in vrisal položaj planeta).

Keplerjevi zakoni pa niso dali odgovora zakaj je Osončje tako. To je pojasnil šele Isaac Newton z gravitacijskim zakonom, ki je gravitacijsko silo določil kot razlog za takšno sliko Osončja.

Newtonov gravitacijski zakon:

$$F_G = \chi \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Vidimo, da je privlačna sila sorazmerna z maso obeh teles in obratno sorazmerna s kvadratom razdalje med telesi. V zgornji enačbi je  $\chi$  gravitacijska konstanta. Do enačbe se lahko dokoplujemo s pomočjo 3. Keplerjevega zakona in zveze  $\omega = 2\pi/t_0 \implies r^3/t_0^2 =$

$r^3 \cdot \omega^2 / (4\pi^2) = k$ , enačbo preuredimo in pomnožimo z maso (masa planeta), saj planet kroži, centripetalna sila pa je enaka  $F_c = m\omega^2 r \implies \omega^2 r = k4\pi^2 / r^2 \implies F = mk4\pi^2 / r^2$ . Ker pa po 3. Newtonovem zakonu z enako silo deluje tudi prvo telo na drugega, je sila sorazmerna tudi z maso drugega telesa.

3. Keplerjev zakon lahko s pomočjo Newtonovega gravitacijskega zakona izpeljemo, če upoštevamo, da je centripetalni pospešek pri kroženju je enak

$$a_c = \omega^2 \cdot r = \left(\frac{2\pi}{t_0}\right)^2 \cdot r = \frac{4\pi^2 r}{t_0^2}$$

in da je relativni pospešek teh dveh teles:

$$a_r = \chi \frac{M}{r^2} + \chi \frac{m}{r^2} = \chi \frac{M+m}{r^2}$$

Do enačbe pridemo tako da seštejemo pospeška obeh teles, ki znaša za prvo telo (za drugo delimo silo z maso drugega telesa ( $M$ )),

$$a = \frac{F}{m} = \chi \frac{M+m}{r^2}$$

relativni pospešek in centripetalni pospešek pa sta enaka:

$$\frac{\chi(m+M)}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{t_0^2} \implies \frac{(M+m) \cdot t_0^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{\chi}$$

Ker pa je ponavadi masa planeta ( $m$ ) veliko manjša od mase Sonca ( $M$ ), lahko maso planeta zanemarimo.

Stvar postane precej zanimiva, če naredimo računalniško simulacijo, ki temelji na Newtonovem gravitacijskem zakonu (program je napisal v Turbo Pascalu).



Slika 8.1: Slika tirnic, ki sva jih dobila pri simulaciji gibanja asteroida po Osončju.

Na koncu še zahvala mentorju skupine Primožu Kajdiču — Šerifu.

## 8.5 Slike



Slika 8.2: M13, 16./16.8.2001,  $f = 300$  mm,  $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 10 minut. Foto: Andrej in Katja.

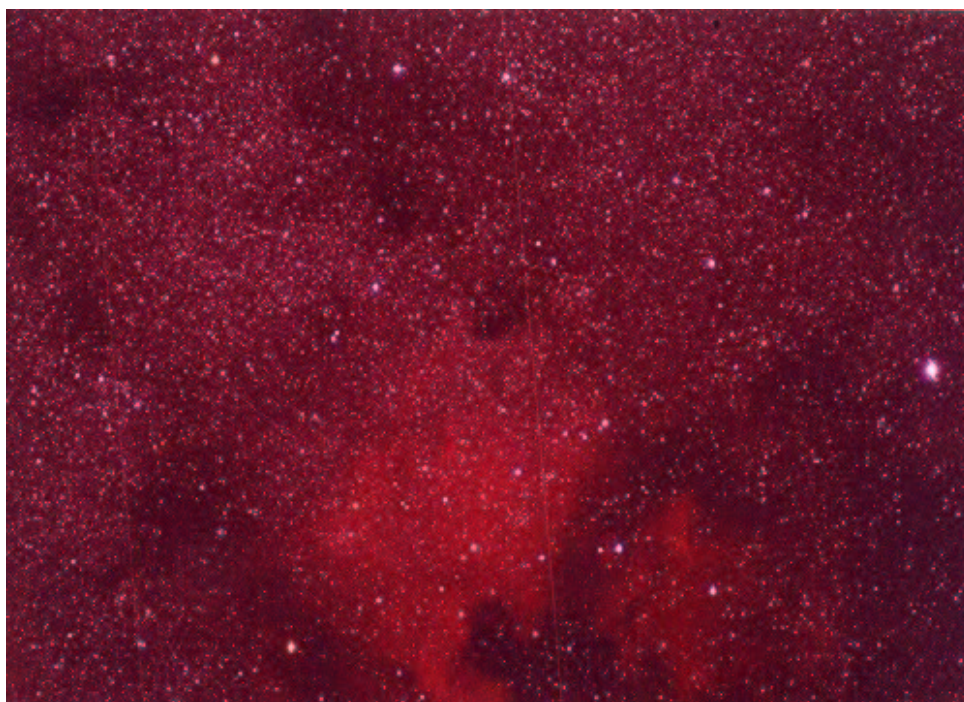


Slika 8.3: M45, 15./16.8.2001,  $f = 300$  mm,  $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 15 minut. Foto: Marko in Angelo.

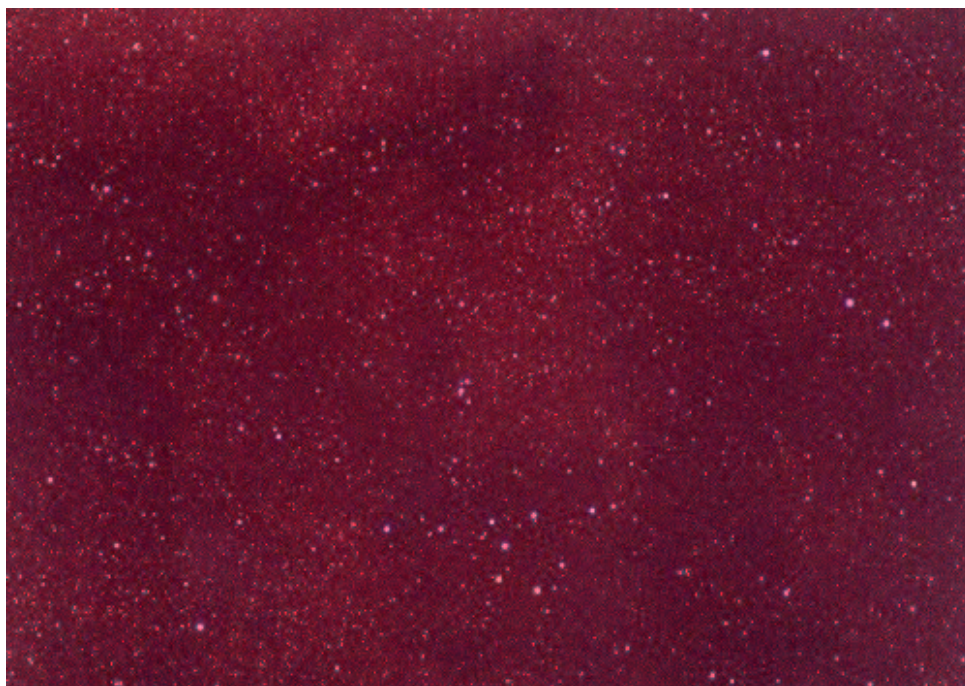




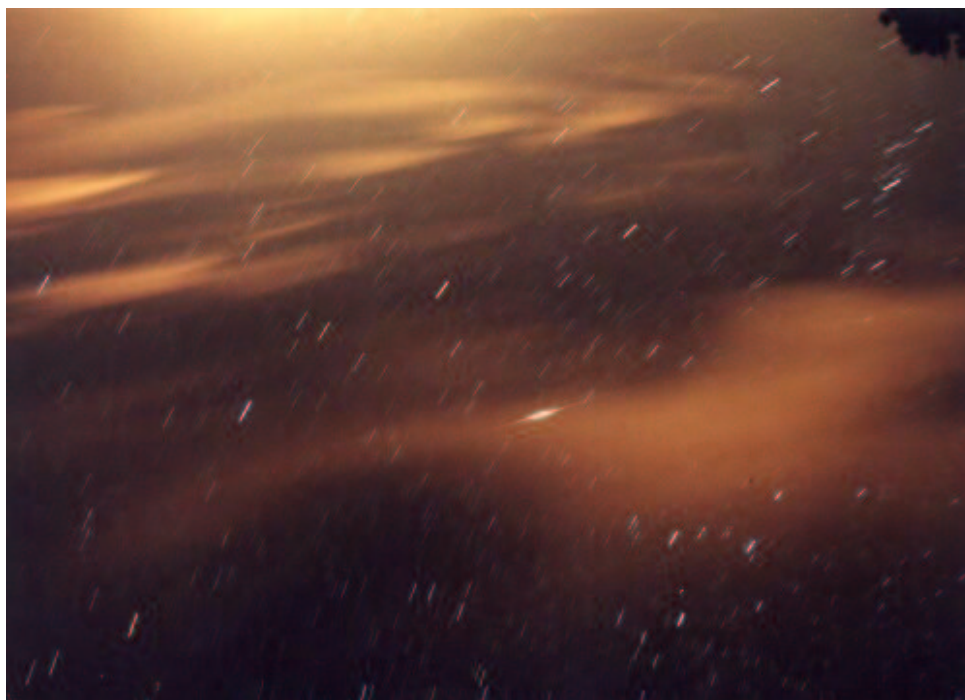
Slika 8.4: H- $\chi$ , 15./16.8.2001,  $f = 300$  mm,  $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 10 minut. Foto: Žiga in Primož Pucelj.



Slika 8.5: NGC7000 (Severna Amerika), 15./16.8.2001,  $f = 300$  mm,  $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 15 minut. Foto: Nika in Teja.



Slika 8.6: CR399 (Obešalnik), 15./16.8.2001,  $f = 300$  mm,  $f/4$ , Kodak 400 ASA, čas osvetljevanja 10 minut. Foto: Angelo in Marko.



Slika 8.7: Iridij. Foto: Teja.

### 8.5.1 Literatura

F. Avsec, M. Prosen: *Astronomija*, 1971.

Patrick Moore: *Atlas vesolja*, 1999.

## 8.6 Opazovanje meteorjev ter računanje ZHR

*Primož in Žiga Pucelj, Primož Kajdič (mentor)*

### 8.6.1 Uvod

Astrofiziki smo se za noč iz srede na četrtek odločili da bomo tokrat poskusili nekaj drugačnega. Pridružili smo se Dunjini skupini za meteorje, jim popestrili noč s prijetno glasbo in še sami malo buljili v nebo. Zmeda z rezultati se je pokazala takoj naslednji dan, ko smo ugotovili, da je zaradi nesporazuma med šerifom in skupino nastala ogromna zmešnjava. . .

### 8.6.2 Potek vaje

Na žalost se ne spomnim točne ure kdaj smo se odpravili na hrib, ampak saj sploh ni važno. V glavnem, ko smo prišli na naš cilj 60 m od doma, smo razprli armaflekse ter spalke in počakali pol ure da so se nam oči prilagodile na temo in začeli šteti zvezde v trikotnikih. Osredotočili smo se na trikotnike 14, 6 in 13. Trikotnike smo šteli zato, da smo kasneje lahko določili mejno magnitudo neba. Rezultati so prišli zelo različni zaradi dioptrij, saj meni ni uspelo nikoli naštetih več zvezd kot 3, drugi pa so v povprečju našli vsaj 15 zvezd. Ta postopek smo ponovili večkrat v teku noči. Ko je bil ta del opravljen smo začeli gledati v zrak, ter iskati in zapisovati meteorje, ki so bili vse prej kot redki. V treh urah smo jih opazili ter zapisali vsaj 60. Vse podatke, kot so mejna magnituda neba, magnituda ter posebnosti meteorjev in njihovo pripadnost določenemu roju, smo skrbno zapisali na liste, ki nam jih je popolnoma nesebično podaril naš predragi šerif. Naslednji dan smo zbrali vse te podatke, ki jih takrat ni bilo še cel kup in se namučili izračunati \*ZHR (zenital hourly rate). Takrat se je kup podatkov vsaj kubiral. Gledali smo po pripadnosti roju dve skupini meteorjev in sicer Perzeide ter Kapa Cignide. Loči se jih po njihovem navideznem izvoru na nebu. Perzeidi navidezno prihajajo iz ozvezdja Perzeja, Kapa Cignidi pa iz ozvezdja Laboda. Več o tem je vsekakor napisala meteorska skupina, tako da lahko tam najdete še kakšne podrobnosti.

\*ZHR je ena zelo frdamana stvar za zračunat. Drugače pa je precej zanimivo. Takole gre:

$$ZHR = \frac{F C K N}{t_e}$$

$$C = r^{6,5-L_m}$$

$$K = \frac{1}{\cos^\gamma Z}$$

$$Z = 90^\circ - T_{ef}$$

Pri tem je  $F$  stopnja oblačnosti neba,  $C$  in  $K$  ter  $Z$  so parametri — popravki zaradi mejnega sija neba in višine radianta nad obzorjem,  $t_e$  je časovna perioda dejanskega opazovanja obračunana v urah,  $N$  je število meteorjev opaženo v časovni periodi, medtem ko je  $r$  je populacijski indeks roja.

### 8.6.3 Končni rezultati

To so rezultati opazovanja in računanja vseh članov astrofizikalne skupine po obdobjih:

**Žiga:**

Perzeidi:1.obdobje:356, 2.obdobje:93, 3.obdobje:45, 4.obdobje:42

Kapa Cignidi:1.obdobje:0,348, 2.obdobje:40, 3.obdobje:13, 4.obdobje:27

**Nika:**

Perzeidi:1.obdobje:36,54, 2.obdobje:23,43

Kapa Cignidi:1.obdobje:18,8, 2.obdobje:9,74

**Klas:**

Perzeidi:1.obdobje:23,8, 2.obdobje:21,12

Kapa Cignidi:1.obdobje:0,348, 2.obdobje:2,701

**Primož:**

Perzeidi:1.obdobje:14,98, 2.obdobje:156,19

Kapa Cignidi:1.obdobje:390,4, 2.obdobje:8,9

**Angelo in Marko:**

Perzeidi:1.obdobje:7,64, 2.obdobje:10,54, 3.obdobje:5,02, 4.obdobje:9,03, 5.obdobje:10,83, 6.obdobje:12,23

Kapa Cignidi:1.obdobje:4,31, 2.obdobje:4,49, 3.obdobje:4,48, 4.obdobje:16,13, 5.obdobje:9,71, 6.obdobje:13,68

**Katja in Andrej**

Perzeidi:1.obdobje:6, 2.obdobje:19, 3.obdobje:11

Kapa Cignidi:1.obdobje:12, 2.obdobje:0, 3.obdobje:10

### 8.6.4 Zaključek

Tako nam je po tem zelo zapletenem postopku na nekakšen način uspelo priti do končnega rezultata.

## 8.7 Računanje razdalje s pomočjo kefeid

*Klas Preželj, Rok Brajkovič, Primož Kajdič (mentor)*

Sonce, zvezda okrog katere se vrti Zemlja in drugi planeti našega osončja. Je le ena izmed tisočih, ki svetijo v naši galaksiji. So dvojne, majhne, velike, pritlikavke in velikanke, so pa tudi zvezde, ki spreminjajo svoj sij. Tem pravimo spremenljivke. Kefeide so vrsta spremenljivk. Kefeide imajo zelo pravilno periodo spreminjanja sija. Prva znana kefeida je  $\delta$  Cephei odkrita leta 1784. Izsev in perioda sta povezani. Ker to vemo, lahko izračunamo oddaljenost od te zvezde.

Naše delo je bilo izmeriti razdaljo med Zemljo in kefeidami v Magellanovem oblaku. Šerif nam je vsem vse razložil z upanjem, da bomo razumeli kaj je ravnokar povedal. Ko se je prepričal da približno razumemo smo začeli mučno delo. Dobili smo liste na katerih so bili potrebni podatki za delo.

Iz grafov smo odčitali periode utripanja kefeid, rezultat pa logaritmirali. Nato smo izračunali še povprečno magnitudo teh zvezd.

Podatke je bilo potrebno vstaviti v graf. Na vodoravno os smo nanegli logaritem periode na navpično pa navidezno magnitudo zvezd. Med dobljenimi točkami smo potegnili premico in tako dobili povprečje naših podatkov. Na isti graf smo narisali še umeritveno krivuljo, ki nam je podala zvezo med periodo pulziranja kefeid in njihovo absolutno magnitudo. Nato smo si izbrali tri poljubne logaritme periode in za vsako odčitali najprej navidezno magnitudo nato pa še absolutno magnitudo. Absolutno magnitudo smo odšteli od navidezne za vse tri izbrane periode, jih sešteli in delili s tri, da smo dobili povprečje, ki smo ga vstavili v neko čudno enačbo.

$$d = 10^{(-M+m+5)/5}$$

V zgornji enačbi je  $M$  absolutna magnituda kefeide ter  $m$  navidezna magnituda. Razdaljo  $d$  dobimo v parsekih.

$\log P$	$M$	$\log P$	$M$	$\log P$	$M$
0.0	-0.4	0.8	-2.2	1.4	-4.4
0.2	-0.8	1.0	-2.9	1.6	-5.1
0.4	-1.2	1.2	-3.6	1.8	-5.8
0.6	-1.6				

Tabela 8.1: Umeritvena krivulja.

HV	$\log P$	$m$	HV	$\log P$	$m$
2019	0.21	16.8	2060	1.01	14.3
2035	0.30	16.7	1873	1.11	14.7
844	0.35	16.3	1954	1.22	13.8
2046	0.41	16.0	847	1.44	13.8
1809	0.45	16.1	840	1.52	13.4
1987	0.50	16.0	11182	1.60	13.6
1825	0.63	15.6	1837	1.63	13.1
1903	0.71	15.6	1877	1.70	13.1
1945	0.81	15.2	8.43	1.15	14.8
837	1.57	13.15	2063	1.04	14.45
1967	1.46	13.5			

Tabela 8.2: Podatki o kefeidah v Magellanovem oblaku.

Razdalja se meri v parsekih. En parsek je 3,26 svetlobnega leta. To je vsa čarovnija. Vsi smo dobili rezultat okrog 36000 parsekov. Pravilen rezultat je približno 60000 parsekov. Napaka je nastala, ker nismo upoštevali absorpcije svetlobe zaradi medzvezdnega prahu.





# Poglavje 9

## Skupina za astrofotografijo

*Mentor: Igor Grom*

### 9.1 Delo s teleskopom LX200 10”

*Primož Kuk, Igor Grom (mentor)*

Tudi letos bo moje poročilo zajemalo uporabo 25 centimetrskega teleskopa LX200, ki je primeren tako za opazovanje nočnega neba, kot za slikanje s fotoaparatom v primarnem gorišču (tudi z okularno projekcijo) ali “piggyback” ter s CCD kamero.

Podatki o teleskopu:

- premer: 254 mm (10”)
- goriščna razdalja: 2500 mm ( $f/10$ ) ali z reducerjem 1600 mm ( $f/6,3$ )
- največja uporabna povečava:  $600\times$  ( $500\times$ )
- teža: cca. 60 kg
- računalniško voden (65000 objektov v spominu)

Da se ga ni vsak dan postavljalo točno na nebesni pol smo po prvi noči zarisali na tla, kako je bil teleskop postavljen, tako smo lahko naslednjo noč teleskop samo postavili na zarisano mesto, in začelo se je naše delo.

#### 13/14.8.2001

Prvo noč se je preživelo bolj za računalnikom kot za teleskopom, saj smo nanj montirali CCD kamero ST6. Kamero izdeluje Santa Barbara instruments group iz ZDA.

ST6 sestavljajo glava kamere, CPU (central processing unit) škatla in ostali pripomočki. V CPU škatli se nahaja podobna elektronika kot v IBM PC XT računalniku. V glavi kamere, katero postavimo direktno na teleskop se nahaja CCD čip, termoelektrično hlajenje (ki lahko shladi tudi več kot  $40^{\circ}\text{C}$  glede na temperaturo okolja) in a/d konverter. CCD čip sestavlja  $375\times 242$  pikselov, vsak piksel je velik  $23\times 27$  mikrometrov. Velikost čipa je  $8,6\times 6,5$  mm in je približno devetkrat večji od CCD kamere ST-4, ki smo jo uporabljali

eno noč na lanskem taboru. Kamera je 16-bitna.

CCD je zgrajen na eni silicijevi ploščici. Sestavljen je iz elementov imenovanih piksli. Pikel je svetlobni element. Vsak CCD čip jih vsebuje nekaj 10000, nekateri zmogljivejši, jih vsebujejo tudi nad milijon. Glavna naloga pikslov pa je, da se v njih nabirajo elektroni, katere je iz valenčnega pasu čipa odbila svetloba v prevodno plast. Ko se osvetljevanje čipa ustavi, se iz vsakega piksla posebej prenese preko računalnika podatek, ki pove koliko elektronov se je nabralo na pikslu. To se prenese v PC računalnik, kateri prikaže sliko. Več kot je elektronov na pikslu več svetlobe je padlo nanj, če pa se je nabralo manj elektronov manj svetlobe je padlo nanj. Ko pa se v računalniku sestavijo ti podatki, tako kot je položaj posameznega piksla na čipu, dobimo sliko. Ta slika je črno bela.

Posneli smo nekaj fotografij s CCD kamero. Niko je začel z objekti kot so Stefanov kvintet. Meni ne bi prišlo niti na pamet, da se lahko fotografijo kot smo jo dobili dobi v pičlih 50 sekundah. Odličen računalniški program MaxDl pa dobljene slike še polepša. Edina slabost je, da so fotografije črno-bele, vendar je s filtri mogoče posneti tudi barvne fotografije. Na to noč smo posneli tudi M57, M15, NGC891, Komet A2 Linear in drugo.

## **14./15.8.2001**

Noč je bila še kar dolgočasna, vendar z rezultatom sem bil zadovoljen. Teleskop smo takoj zvečer postavili na BD Andromede. To je zvezda spremenljivka, pri kateri smo to noč opazovali minimum. CCD jo je celo noč snemal, skupaj je naredil kar 165 posnetkov, iz katerih se je nato dobilo graf, ki prikazuje minimum te zvezde. Minimum je bil med 3:30 in 4:00 zjutraj.

## **15./16.8.2001**

Niko je odšel in CCD smo pustili zaenkrat v škatli. S teleskopom sem naredil 10 posnetkov z ekspozicijami med 15 in 30 minut.

Uspele so mi fotografije planetarne meglice M27 (Ročka) v Lisički, Plejad (M45), razsute kopice M52 v Kefeju, razsutih kopic NGC884 in NGC869 (Hi in H Perzeja) in prelepe kroglaste kopice M13 v Herkulu. Najdaljša ekspozicija (30 minut) je bila namenjena galaksiji M33 v Trikotniku, vendar se ji jedro prav malo opazi. M33 je kljub njeni velikosti izredno šibek objekt, in ne glede da je bil film z občutljivostjo 3200 ASA bi potreboval še več časa ekspozicije, da bi se razpoznalo galaksijo.

Skupaj sem imel kar 3 ure in 15 minut fotografiranja. Zjutraj sem napravil še nekaj fotografij Jupitra, Saturna in Lune. Zjutraj je planete slikala tudi Teja ter še galaksijo M31 v Andromedi.

## **16./17.8.2001**

Takoj zvečer je skozi teleskop opazovalo kakih 20 domačinov, katerim smo na hitro pokazali najlepše objekte, ki so takoj zvečer vidni na nebu. Vsi so bili navdušeni nad Marsom,

čepprav je motna atmosfera precej motila opazovanje tega planeta, pokazal sem jim tudi M13 v Herkulu, meglice M17 in M27, ter M57. To so objekti, ki nas vedno očarajo ko pogledamo skozi teleskop.

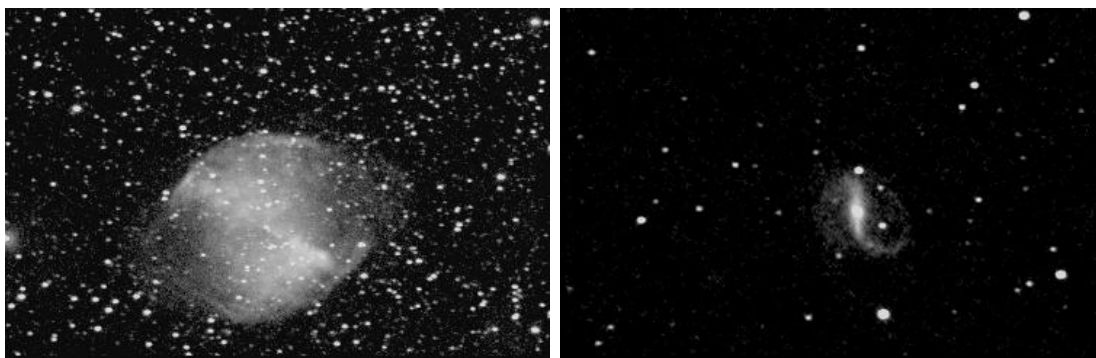
Po odhodu domačinov je teleskop to noč uporabljala skupina Astrofizikov. Vsak je posnel eno fotografijo (med 10 in 15 minut dolgo ekspozicijo). Slikali so NGC7000 ali Severno Ameriko, M45, M31 ali Andromedino galaksijo, galaksijo v trikotniku M33, M27 (Ročka) in druge. Zanimivo je, da so z barvanim 400 ASA filmom dobili boljše rezultate kot se je dobilo z daljšimi osvetlitvami na črno bel 3200 ASA film. Nikoli več ne bom uporabljal črno-belega filma!!!

Okrog treh zjutraj so astrofiziki končali delo na teleskopu in na njem je z delom pričela skupina splošne astronomije. Ti so fotografirali z okularno projekcijo Luno in planete Jupiter, Saturn in Venera, ki kraljujejo ta čas na jutranjem nebu. Planeti se hitro dvignejo visoko v nebo, tako da v nasprotju z večernim Marsom so dobro in čisto vidni, tako da se lahko opazuje veliko rdečo pego na Jupitru in njegove atmosferske pasove, na Saturnu prav tako atmosferske pasove in Cassinijevo ločnico na obročih itd.

## 17./18.8.2001

Vidljivost je bila slaba že takoj zvečer. Idrijskemu županu in še paru iz Trsta smo spet na hitro pokazali glavne objekte poletnih večerov. Po njihovem odhodu sva s Samom hitro montirala CCD kamero ST6 in pričela s slikanjem. Naredili smo malo slik, saj se je vreme začelo slabšati in vidljivost je bila kako uro po polnoči za nekaj časa obupna, videlo se je namreč le najsvetlejše zvezde. Proti jutru se je začelo maloboljšati vendar nebo se prav tako ni dalo primerjati s tistim, ki smo ga imeli nad seboj v preteklih noči.

Kljub slabi vidljivosti se pokaže CCD kamera zelo učinkovna, saj zvezd se praktično ni videlo in mi smo slikali galaksije. Zjutraj sva posnela s Samom še dva komete, P19 Borely in WM1 Linear. WM1 sveti te noči približno trinajsto magnitudo, in slikali smo ga v nemogočih pogojih. CCD je res odlična mašinka. :-) Komet WM1 Linear naj bi na začetku letošnje zime dosegel maksimum in dalo se ga bo videti s prostim očesom. Linear S4 lani, A2 letos, zdaj pa še WM1; ni več slave za amaterske raziskovalce!



Slika 9.1: Slike M27 in NGC7479 posnete s CCD kamero SBIG ST-6 in teleskopom LX200.

**18./19.8.2001**

Ura je 2:20 zjutraj. Vreme nam danes ni naklonjeno. Teleskop do sedaj še ni bil prižgan, v slučaju da se nam vreme izboljša se bo zadevo zagnalo in napravilo še nekaj CCD posnetkov. V obratnem primeru se tu zaključi delo na taboru. Na svidenje naslednje leto!

## 9.2 Fotografija

*Iztko Levac, Igor Grom (mentor)*

Letos sem na tem taboru že šesto leto. V bistvu sem na Medvedjem brdu šele tretjič, zato ker so bili prejšnji tabori na Javorniku. Fotografija me zanima že vsa ta leta odkar obiskujem te tabore, toda na žalost imam priložnost o njej pisati šele to leto. Letos sem imel nalogo, da opravljam dela v temnici in to delo tudi razkažem drugim. Med drugim sem tudi fotografiral s svojim fotoaparatom. Med drugim sem slikal razne meglice, ozvezdja, galaksije in meteorje, s katerimi nisem imel preveč sreče, saj nisem "ulovil" niti enega. Tretji dan tabora smo se tudi odpravili fotografirat Iridium, ki pa mi je na mojo srečo "pristal" na moji fotografiji. Zdaj pa vam bom opisal relativno odprtino in svetlost objektivna. Zamislite si sobico z  $1\text{ m}^2$  velikim oknom. Skozenj pada svetloba in osvetli nasprotno steno. Če ima enako veliko okno dolga dvorana, je stena nasproti okna temna. Enako osvetljenost stene dobimo, če okno močno povečamo "dvorana" je stara kamer

Odprtino objektivna spreminjamo s pripiranjem zaslonke. Zaslonka je sestavljena iz lamel, ki se ožijo in širijo kot zenica v očesu. Taki zaslonki pravijo zato "zaslonka iris". Najpreprostejša zaslonka pa je kar plošča z luknjo. Zaslonkine številke  $z = f/d$  pomenijo obratne (recipročne) vrednosti relativne odprtine. Vrsta zaslonkinih številke je mednarodna ustaljena, zato na vseh kamerah najdemo napisane enake zaslonkine številke: 1—1,4—2—2,8—4—5,6—8—11—16—22—32—45. Čim večja je zaslonkina številka  $z$ , tem manjša je odprtina  $d$  v objektivu. Zaslonka 4 pomeni odprtino s premerom, ki meri goriščne razdalje,  $z$  zaslonko 16 pa je odprtina komaj  $1/16$  goriščne razdalje. Največji relativni odprtini pravimo svetlobnost objektivna in ta je na vsakem objektivu gravirana: Summicron  $f = 5\text{ cm}$  1 : 2 ali Jupiter-8M 2/50 ali Prakticar 1 : 1,8  $f = 50\text{ mm}$ . Potem pa kar s kljunastim merilom zmerimo premer sprednje leče in delimo z njim goriščno.

Svetlobnost objektivna = vstopna zenica / goriščna razdalja,

ali "po fotografsko": svetlobnost objektivna je razmerje med učinkovito vstopno odprtino in goriščno razdaljo. V vseh primerih je mišljen premer vstopne zenice. Z zapiranjem zaslonke se zmanjšuje tudi vstopna zenica.

Naredimo naslednji poskus! Kamerin objektiv nastavimo na "neskončnost", kamero odpremo, na mesto filma pritrdimo karton z  $1\text{ mm}$  veliko luknjo v sredini, na sprednjo lečo objektivna pa položimo prosojni papir. Sedaj odpremo zaklop, kamero s kartonom obrnemo k oknu in na prosojnem papirju zagledamo svetel krog — vstopno zenico. Če zarišemo točki na obodu slike vstopne zenica, lahko izmerimo njen premer in ga delimo z goriščno razdaljo (vgravirana je na objektivu). Do dobrega rezultata pridemo tudi če smo še tako nespretni. In še en primer: Werra III, Tessar 1 : 2,8/50 ima premer srednje leče  $18,7\text{ mm}$ , iz česar sledi "svetlobnost":  $18,7/50 = 1 : 2,67$ . Na prosojnem papirju dobimo premer vstopne zenice  $18\text{ mm}$  in  $18/50$  je  $1 : 2,8$ , kar je prav imeniten rezultat. Nasploh je premer vstopne zenice manjši od premera srednje leče objektivna.

To je za letos vse, vidimo (pišemo) se naslednje leto! :-)

### **9.2.1 Literatura**

Martin Bajd: *Klasična kamera — Vodnik po fotografiji*, Tehniška založba Slovenije.

## 9.3 Mednarodna vesoljska postaja ISS

*Andrej Lužnik, Igor Grom (mentor)*

### 9.3.1 Uvod

Ker bodo drugi udeleženci skupine astrofoto v Astronomskem taboru Medvedje Brdo 2001 verjetno napisali poročila o tem, kako, kdaj, zakaj, in čemu smo opazovali, slikali, snemali in merili različne vesoljske objekte naravnega izvora, bom jaz opisal Zemljin umetni satelit, ki se ga občasno celo vidi s prostim očesom. To je mednarodna vesoljska postaja (ISS International space station).

Trenutno je ISS največji umetni Zemljin satelit. Natančne podatke o tem, kdaj se jo lahko vidi s katerokoli točke na Zemlji, lahko vsak najde na internetu, in sicer na naslovu [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com). Tam vpišete svoje koordinate ali pa v seznamu izberete svoj kraj in že lahko pogledate, kdaj se bo ISS pojavila nad vašimi glavami. Poleg podatka o času dobite še podatke o položaju postaje na nebu, ter o njeni navidezni magnitudi (magnituda pojasnjuje svetlost objekta). Kot da to ne bi bilo dovolj, si lahko tam pogledate tudi druge zanimivosti v zvezi z astronomijo. Poleg zvezdne karte, velja poudariti, da se tam da dobiti tudi napovedi za Iridium (to je propadla mreža satelitov, ki še vedno krožijo okrog Zemlje in s svojimi antenami nenamerno odbijajo Sončne žarke proti Zemlji, te pa se vidi kot zelo svetla premikajoča se zvezda; Iridium lahko doseže magnitudo 9, za primerjavo: polna Luna ima magnitudo približno 13, najsvetlejša zvezda, Sirij, pa 1,5).

### 9.3.2 Opazovanje

Za opazovanje ISS smo si pomagali z napovedmi njenega preleta, ki smo jih našli na internetu. Tam si lahko ogledamo natančno pot ISS po nebu, tako da lahko, poleg tega, da jo opazujemo s prostim očesom, še ujamemo s teleskopom. Naša oprema nam to dopušča, poleg tega pa smo še vse skupaj s pomočjo črno-bele video kamere montirane na teleskopu posneli na video kaseto.

V celem tednu, ki smo ga preživeli na taboru smo gledali ISS skoraj vsak dan, vendar smo ga s tele kamero lovili le enkrat. Želeli smo, da je vreme najboljše in da je napovedana magnituda ISS dovolj velika.

Na srečo je bila ISS zelo lepo vidna s prostim očesom, vendar s teleskopom pa smo imeli velik problemček. Ker ISS kroži okoli Zemlje z zelo veliko hitrostjo (preko 8 km/s, to je 28800 km/h), se po nebesnem svodu premika z navidezno hitrostjo, s katero jo je zelo težko slediti s teleskopom. Ta problem smo rešili tako, da smo teleskop že prej usmerili na zvezdo, za katero smo vedeli, da je približno na poti ISS. Tako smo lahko le počakali, da ISS prileti mimo. Res smo jo ujeli in posneli, vendar se je premikala s tako hitrostjo, da je na eni sami sličici na video filmu pustila dolgo sled, pa še čas, ko je postaja na filmu, je zelo kratek, tam nekje desetinka sekunde.

datum	magn.	začetek			max. Višina			Konec		
		čas	višina	azimut	čas	višina	Azimut	čas	višina	Azimut
11.Avg	1,3	21:04:05	10	WNW	21:06:53	28	N	21:09:45	10	ENE
11.Avg	-0,1	22:40:23	10	WNW	22:43:28	55	NNE	22:43:28	55	NNE
12.Avg	0,6	21:44:16	10	NW	21:47:18	38	NNE	21:49:15	18	ENE
12.Avg	1,8	23:20:28	10	WNW	23:21:38	20	WNW	23:21:38	20	WNW
13.Avg	1,0	20:48:03	10	NW	20:27:23	31	N	20:53:52	10	ENE
13.Avg	-0,7	22:24:13	10	WNW	22:27:23	87	NW	22:27:23	87	NW
14.Avg	-0,1	21:27:59	10	WNW	21:31:08	54	NNE	21:33:06	20	E
14.Avg	1,9	23:04:25	10	W	23:05:29	17	W	23:05:29	17	W
15.Avg	-0,2	22:07:53	10	WNW	22:11:00	51	SW	22:11:11	50	SSW
16.Avg	-0,6	21:11:27	10	WNW	21:14:38	86	N	21:16:53	18	ESE
16.Avg	2,2	22:48:32	10	W	22:49:15	13	WSW	22:49:15	13	WSW
17.Avg	0,8	21:51:27	10	W	21:54:14	28	SW	21:54:56	25	SSW
18.Avg	-0,1	20:54:45	10	WNW	20:57:52	53	SW	21:00:38	13	SE
19.Avg	1,8	21:35:08	10	W	21:37:10	16	SW	21:38:42	12	SSW
20.Avg	1,0	20:37:56	10	WNW	20:40:44	29	SW	20:43:35	10	SSE

### 9.3.3 Zanimivo računanje

Po tem, ko smo postajo posneli na video kaseto, smo sličice digitalizirali. Nato sem jaz izmeril njene dimenzije na sliki in izračunal njeno velikost na čipu kamere. S temi podatki sem lahko dolžino in širino postaje izračunal iz razmerja pri katerem je  $r$  razdalja do ISS (računal sem z približkom 400 km),  $f$  je goriščna razdalja (v mojem primeru 2 m),  $d'$  in  $s'$  pa sta dolžina in širina postaje na kameri.

Po kratkotrajnem računanju sem se dokopal do rezultata, vendar sem mogel dolžino nekajkrat deliti, saj je na sliki ISS zelo razpotegnjena. Seveda je moj izračun le približen.

### 9.3.4 Zaključek

Opazovanje ISS je zelo zanimivo in s časom bo postalo še lepše in lažje, saj se bo ISS v naslednjih letih krepko povečala. Tako bo verjetno možno razlikovati različne module postaje brez pretirano drage opreme.

Vseeno bo še vedno ostajal problem sledenja postaji, saj se ta, kot že povedano, zelo hitro premika. Če pa slučajno imate teleskop, ki ga lahko usmerjate z računalnikom, si lahko iz Interneta posnamete programček s katerim lahko sledite ISS. Tega programa sicer nismo preizkusili, ker nismo imeli druge priložnosti za opazovanje postaje s teleskopom.

Če imate primerno opremo lahko slikate ali snemate ISS in s tem lahko opazujete, kako se postaja veča po vsakem obisku Space Shuttla. Poleg tega je še zanimivo, da posnamete postajo v trenutku, ko je spojena s Space Shuttlom ali ko se ji Shuttle približuje.

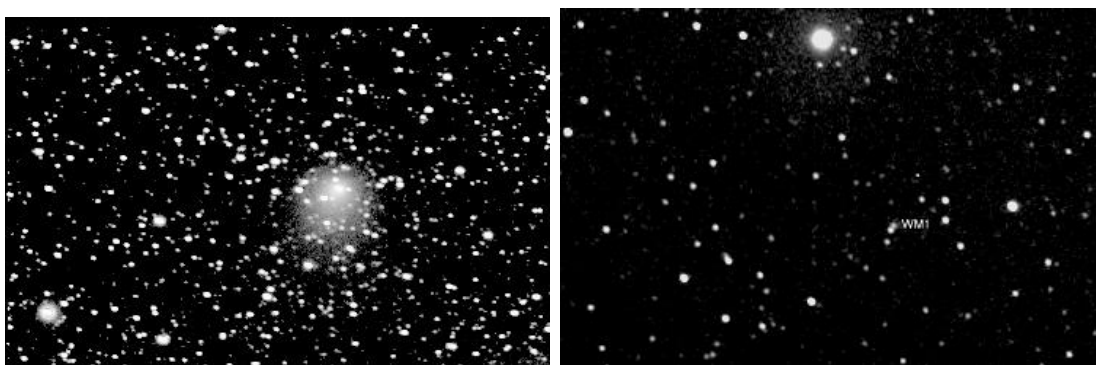


## 9.4 Obdelava in snemanje slik s programom MaxIm DL

*Samo Smrke, Igor Grom (mentor)*

Moje poročilo bo opisalo postopke snemanja in obdelave slik s programom MaxIm DL. Program je zelo preprost in učinkovit, le potrebno je dobiti nekaj izkušenj z uporabo filtrov. Slike smo snemali s CCD kamero ST6, ki je bila pritrjena na 10" LX200 teleskop.

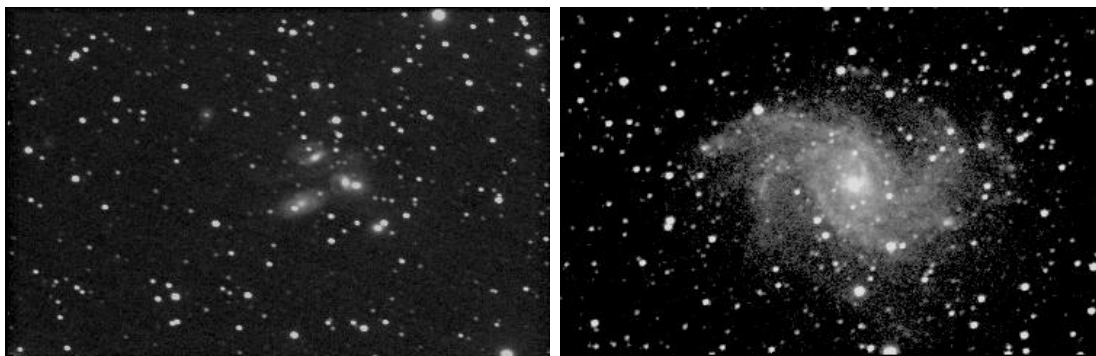
Prvo noč je s CCD kamero večinoma snemal Niko, saj s Primožem nisva še nikoli delala s CCD kamero. Posneli smo 47 slik, med njimi tudi slavni Stefanov kvintet in 1 milijardo svetlobnih let oddaljeno BL Lac. Drugo noč je CCD posnel 165 slik spremenljivke BD And, ki je ravno takrat imela minimum. V naslednjih nočeh so teleskop uporabljali klasični astrofotografi, tako da za CCD ni bilo časa. 17.08.2001 sva s Primožem začela snemati nekaj svetlejših objektov, predvsem galaksij. Snemanje v MaxIm DL-u povsem preprosto. Odpremo okno za zajemanje slik. Začnemo ohlajevati CCD, in priključimo funkcijo focus. CCD začne delati slike eno za drugo, jih stalno prikazuje, da lahko natančno določimo fokus. Ko je kamera v fokusu lahko začnemo snemati slike. Najboljše je da na začetku posnamemo nekaj slik s funkcijo Simple Auto-dark, da centriramo želeni objekt. Nato pa snemamo slike brez Dark Frame-a, saj je tako snemanje veliko hitrejše. Posneti moramo še Bias, zjutraj ko se zdani pa še Flat Field. Če programu določimo naj posname več slik, jih lahko sproti shranjuje, tako da ne izgubljamo časa.



Slika 9.2: Kometa LINEAR/A2 in LINEAR WM1 posneta na taboru. Snemali so člani astrofoto skupine s CCD kamero SBIG ST-6 in teleskopom LX200.

Ko so slike posnete se lahko začne obdelava. Najprej moramo programu določiti slike za Dark Frame, Bias in Flat Field. To izberemo v okencu Set Calibration. Nato izberemo Calibrate All. Iz slik je najboljše delati povprečje, za to rabimo vsaj tri slike. Seveda čim več slik je združenih, tem boljša bo slika. Program slike združi avtomatsko lahko, pa tudi izbiramo ročno, kar je uporabno predvsem če imamo na slikah kakšen hitro premikajoči objekt.

Na voljo imamo veliko filtrov, s katerimi se maramo malo poigrati, da ugotovimo pravo kombinacijo. Program je skratka odličen, a težave se pojavijo pri kopiranju slik iz enega računalnika na drugega, kajti ko odpiramo sliko na drugem računalniku program javi napako in izbriše najsvetlejšo točko tako, da zvezdice izgledajo kot nekakšni obročki.



Slika 9.3: Stefanov kvintet in NGC6949 posneta s CCD kamero SBIG ST-6 in teleskopom LX200.

Posneli smo veliko slik od katerih je bilo je malo uporabnih, saj smo imeli velike težave s sledenjem teleskopa, včasih smo morali delati ekspozicije le po 30 sekund. Uspelo pa nam je posneti nekaj res lepih slik<sup>1</sup> NGC 6946, NGC 891, M 27, NGC 7479, Stefanov kvintet, komet A2 Linear, 19P Borrelly, ter celo WM1 Linear z le 13,2 magnitude, ki naj bi novembra bil precej svetel.

---

<sup>1</sup>Na žalost so bile slike posnete s CCD-jem edine, ki so "preživele" tabor (op. urednika).

## 9.5 Skupinska fotka

*Irena Uršič, Igor Grom (mentor)*

Na tabor sem prišla z namenom, da bi se naučila veliko teorije, a na koncu sem se odločila za skupino v kateri je močno v ospredju praktika. Tu — v astrofoto skupini — je bila moja glavna naloga nočna skupinska slika. Potrebno je bilo mnogo (psihičnih!) priprav; seveda pa sta mi pri tem pomagala Niko in Samo. A težav tu ne more zmanjkati.

Prva težava se je porajala, ko sem pred domom iskala sredi črne teme prazen ali pa nerabljen stativ. Po bontonu sem tiho spraševala ljudi, čigav je stativ, če je lastnik mogoče po naključnem naključju v bližini, a takega naključja pač ni bilo (kako sem sploh lahko pomislila na kaj takega. . .). Moji skorajda anketi o lastništvu fotoaparatorov in stativov se mi je pridružil še Samo, ko so se moje baterije upanja že izpraznile. Ko pa je že tudi on obupal sva pomoč poiskala pri Niku. Ta pa je povsem prekršil red nočnega miru v naselju in se na vso moč s svojim mogočnim glasom ZADRL in v hipu našel nerabljen, osamljen in pozabljen Tejin stativ. Lastnica je nemudoma odstranila fotoaparat in nam velikodušno posodila našo (končno pridobljeno! . . .) trofejo. Druga težava je bila izbrati primeren teren za lepo ozadje v kombinaciji s primernim prostorom za manekene in manekenke tega astronomskega tabora. Za ozadje je Niko že ob dodeljeni nalogi izustil želo, in sicer: romantične sledi zvezd. Po modrem premisleku smo se odločili, da fotoaparat postavimo na sredino ceste in tvegamo, da nam načrte prepreči kakšen predrzen voznik, ki bi kršil nočni vozni red v tej vasici. A to se k sreči ni zgodilo.

Tretja težava je bila oddaljenost ljudi od fotoaparata (zaradi ostrine) in roba slike. To smo profesionalno rešili s štetjem korakov in s pomočjo vžigalnika (-luč, ki nam je v temi pomagala, da smo videli in označili konec kadra). Tako smo koordinate vžigalnika in korakov zaznamovali s kamni, da so kasneje vedeli, kje je maksimalna oddaljenost. Nato smo fotoaparat (zaslonka: 5.6) sprožili in osvetljevali 20 minut (oz. dlje, 25 minut, ker nekateri manekeni niso prišli ob rečeni uri!). Med osvetljevanjem sva s Samom dežurala ob fotoaparatu, da ne bi revež postal povzročitelj prometne nesreče. Vmes se je Niko vrnil in naju s prijetno gesto razveselil: Samu pivo, meni čokolado — CEEELO! Po tistih slabih 20 minutah sem bila poslana po vse (tisti moment) najbolj delovne udeležence našega tabora. Naročeno mi je bilo, da naj "fajn zatulm", a jaz vseeno menim, da lepa beseda lepo mesto najde. Zato nisem pretiravala s trošenjem svojih glasilk, pa sem ravno tako uspela vse "zbobnati" na kup. Z vsemi pa je pršel tudi Robert, civilni vojak v domu Medved, ki je sprožil fleš, ko smo se končno vsi zbrali in postavili v dve vrsti in pokazali svoje peeelepe zobke ; -)

Z nalogo smo končali, ko smo fotoaparat do konca sprožili. Konec koncev smo bili vsi trije avtorji s potekom dela zadovoljni, rezultata pa do tega trenutka še nismo videli — upamo pa, da je vsaj toliko uspelo, da nam v poročilu ne bo delalo sramote. Sicer sem pa bila v skupini bolj asistentka, a sem se ravno tako naučila mnogo uporabnega in praktičnega. Na koncu pa bi se rada zahvalila Samu za vse odgovore in Iztoku za vse odvite vijake na stativu, ker so bili moji prsti že takrat popolnoma zmrznjeni in neuporabni.



# Poglavje 10

## Skupina za meteorje

*Mentorica: Dunja Fabjan*

### 10.1 Uvod

Udeleženci, ki so pristopili k skupini, so bili trije, od katerih se je ena odločila za fotografiranje meteorjev (sicer se je tabora že lani udeležila in pozna osnove vizualnega opazovanja), ostala dva pa sta se pogumno lotila vizualnega opazovanja in kasnejšega obdelovanja podatkov.

Najprej se je skupina seznanila s tem, kaj bomo opazovali. Važno je bilo, da so udeleženci spoznali, kako meteorji sploh nastanejo, kakšne so razlike med meteoroidom, meteorjem in meteoritom. Že takoj prvi dan je sledil glavni del za oba vizualna opazovalca in sicer spoznavanje obrazcev, s katerimi smo delali, ter katere podatke bomo rabili in jih sproti vpisovali. Kasneje se je skupina malo поблиže seznanila z meteoriti, njihovo sestavo in s tem, kakšne so lahko posledice takega padca (kraterji, tsunamiji). Sami so potem segali po literaturi, ki jim je bila na razpolago, da so lahko izvedeli še druge zanimivosti, pa tudi iz predavanj, ki so bila med taborom so se lahko naučili marsičesa, ki ni bilo direktno vezano na meteorje.

Tretji dan so spoznali čemu je služilo sistematično zbiranje podatkov. ZHR smo najprej teoretično obdelali, največ časa na taboru pa so udeleženci porabili za računanje ZHRja. Podatke so kar hitro začeli sami obdelovati in se pokazali za zelo vztrajne. Ti podatki so bili po koncu meteorskega tabora bili posredovani IMOju — mednarodni meteorski organizaciji preko Mihaela Triglav. Poleg podatkov o meteorskih rojev smo naprej poslali tudi podatke o treh bolidih, ki smo jih opazili in zapisali.

Ideja je bila tudi, da bi meteorje risali v Brno karte, česar pa žal nismo počeli, tudi ker nismo imeli na razpolago računalniškega programa, ki bi te podatke obdeloval. Zadnji dve opazovalni noči sta se nam pridružili še skupina astrofizikov in skupina, ki se je ukvarjala s splošno astronomijo. Več o vsem tem pa lahko preberete v nadaljevanju uradnega (in neuradnega) poročila.

*Dunja Fabjan*

## 10.2 Meteorji, bolidi, meteoroidi in meteoriti

*Špela Šemrl, Dunja Fabjan (mentorica)*

### 10.2.1 Meteorji

Sevalni tlak in Sončev veter povzročata, da kometi v medplanetarnem prostoru na svojem potovanju okrog Sonca razvijejo rep, ki ga sestavljata plinski in prašni del. V prašnem delu najdemo delce prahu in ledu, meteoroidne. Ti ostajajo razporejeni po vsej kometovi orbiti v premeru približno milijon kilometrov in se kasneje razširijo ter tvorijo meteoroidni potok. Najgostejši pa so v bližini samega kometa — tik pred in tik za njim. Kadar Zemlja pride v meteorski potok se pojavi meteorski roj. To je skupina meteorjev, ki navidezno prihajajo iz iste točke — radianta — na nebesni obli. Največ meteorjev na uro (zenitno urno število) je vidnih, ko gre Zemlja skozi najgostejši del potoka in za kratek čas lahko pri nekaterih rojih doživimo meteorsko nevihto z 10.000 meteorji na uro. Roji se imenujejo po ozvezdju v katerem imajo njihovi meteorji radiant. Meteorji, ki ne pripadajo nobenemu meteorskemu roju pa so sporadični meteorji.

Meteoroid lahko prileti v zemeljsko atmosfero s hitrostjo med 11 km/s in 74 km/s. Ta na višini od 115 km do 75 km nad površjem Zemlje. Zaradi trenja med njim in atmosfero zažari in največkrat popolnoma izpari. Trenje povzroča tudi, da meteoroid pušča tanko žarečo sled atmosferskih plinov in ioniziranih atomov. Sij meteorja je odvisen od mase, hitrosti, sestave (železni, kamniti, železno — kamniti) in vpadnega kota delca pri vstopu v atmosfero. Včasih meteoroidno telo med letom skozi atmosfero ne zgori popolnoma in prileti do Zemljine površine meteorit. Za to pa mora imeti maso vsaj nekaj gramov, ko vstopi v zgornje plasti atmosfere, in majhno hitrost. Poimenujemo ga po kraju, kjer so ga našli. Veliki meteoriti ob padcu naredijo udarni krater in razpadejo.

### 10.2.2 Bolidi

Včasih v atmosfero zaide veliko večji meteoroid, ki povzroči bleščeč meteor. Tak meteor se imenuje bolid, ki ima maso med 0,1 in 1000 kg. Večji, superbolid, ima maso med tisoč in milijon kilogrami, ter je lahko zaradi svoje svetlosti, ki je primerljiva s sijem Lune (Luna ima v ščipu  $-12,6$  magnitudo) in celo večja od  $-17$ . magnitude, viden tudi podnevi. Takšno telo ima premer okoli 10 metrov, njegova masa pa je med tisoč in milijon kilogrami. Superbolidi predstavljajo najmanj znano populacijo teles v bližini Zemlje. Ponavadi niso povezani z aktivnejšimi meteorskimi roji, zato so sporadični meteorji.

Podobno kot meteor, tudi bolid dobi ime po najbližjem kraju, kjer je priletel najbližje površju Zemlje in potem eksplodiral, izparel ali padel na tla. Nekateri bolidi se delijo na tiste pri katerih bi morali ob njihovem vstopu v atmosfero slišati pok, in na ognjene krogle (fireball), pri katerih ne zaznamo slišnih signalov.

Bolid lahko povzroči padec meteorita, ki pa je manjše velikosti in verjetno ne naredi omembe vrednega kraterja. Če meteoroid ne eksplodira v atmosferi pa je lokalna škoda večja. Ločimo dve vrsti kraterjev: eni so z vzpetino na sredini kraterja in drugi brez.

Udarni kraterji brez vzpetine nastanejo ob trku malo manjšega telesa, ki ne prodre čez Zemljino skorjo. Če pa se v Zemljo zaleti večji meteorit, pod sabo zdrobi, nato pa še stali del zemeljske skorje in skozi predrti del skorje priteče lava, ki zgradi hrib oz. goro v udarnem kraterju. Če orjaški meteorit pade v morje, nastanejo tsunamiji (orjaški valovi), ki nastajajo tudi pri podzemnih potresih.

### 10.2.3 Meteoroidi, meteorji in meteoriti — glavne značilnosti

**Meteoroidi:** koščki kometov ali prašni delci v medplanetarnem prostoru, ki zaidejo v zemeljsko atmosfero in povzročijo meteorje. Masa od mikrograma do nekaj tisoč kilogramov.

**Meteor:** svetla sled na nebu, ki nastane ko zažari meteoroid v zgornjih plasteh zemeljske atmosfere.

**Meteorit:** ostanek meteoroida, ki je preživel pot skozi zemeljsko ozračje (kot meteor). Na Zemljo pade  $10^7$  kg meteoritskega materiala.

**Kemijska sestava:** železni (najdemo jih dokaj enostavno, zaradi karakterističnega videza), kamniti (teh pade največ; so zelo podobni bazaltnim kamninam, zato se jih težje najde), mešane sestave, nepravi (tektiti). Masa: med 5 in 10 kg

## 10.3 Fotografiranje meteorjev

*Špela Šemrl, Dunja Fabjan (mentorica)*

Kot pri vizualnem opazovanju meteorjev, je tudi pri fotografiranju pomembno, da nas ne moti nobena luč, saj nam lahko presvetli posnetek, važno pa je tudi, da ni vreme oblačno.

Za fotografiranje meteorjev lahko uporabljamo stabiliziran ali voden fotografski fotoaparat z 50 mm objektivom ali 20 mm, ker bomo na posnetku imeli večje območje neba. Zelo pomembna je tudi svetlobna moč objektiva (npr.  $f/2,8$  pove najmanjšo vrednost zaslonkega števila — največjo možna odprtina zaslonke).

Fotografiramo z zelo občutljivim črno-belim filmom (1600 ISO ali 3600 ISO). Barvni filmi niso priporočljivi, ker so občutljivi na različne barve in se lahko zgodi, da kak meteor izgubimo. Zaslonko sem pustila odprto največ 10 minut, sicer bi film izgubljal na občutljivosti in zato ne bi ujela več tako šibkih meteorjev. Fotoaparat sem usmerila  $40^\circ$  do  $50^\circ$  proč od radianta in najmanj  $30^\circ$  nad obzorje. Tako bi bili meteorji, če bi jih ujela v objektiv, na fotografiji dovolj dolgi in lepi, ker so navidezno daljši, dlje od radianta gledamo.

Če bi želela iz fotografije meteorja določiti njegovo hitrost, bi morala imeti med fotografiranjem nad objektivom nameščeno prekinjevalno zaslonko (vetrnico) s stalno frekvenco. Ta deluje tako, da naseka sled meteorja in tako jo z lahkoto ločimo od sledi zvezd in letal. Ker pa nisem imela na razpolago tega pripomočka, hitrosti nisem mogla določiti. Pri fotografiranju je zelo pomembno da navedemo osnovne podatke o ekspoziciji: objektiv, film, območje neba, začetek in konec ekspozicije, točen čas preleta meteorja (na nekaj sekund natančno), morebitne prelete letal in satelitov. O samem meteorju, ki ga ujamemo na posnetek lahko napišemo tudi ostale podatke: magnitudo in pripadnost roju. Letala in satelite na posnetku zlahka ločimo, ker prva pustijo na posnetku dve ali tri vzporedne črte, sateliti pa dolgo sled, ki lahko teče čez celo polje 50 mm objektiva.

Tako fotografiranje ni težko, žal pa sem narobe vstavila film v fotoaparat, nato zavzeto fotografirala in na koncu, ko sem hotela razviti film sem pa ugotovila, da je še neposlikan. Škoda, ker bi lahko bil na njem marsikateri meteorček lepo viden.



## 10.4 Vizualno opazovanje meteorjev

### 10.4.1 Aktivni meteorski roji

*Matevž Pucer, Dunja Fabjan (mentorica)*

V obdobju tabora je bilo aktivnih 6 meteorskih rojev:

- Južni delta Akvaridi (SDA)
- Severni delta Akvaridi (NDA)
- Južni jota Akvaridi (SIA)
- Severni jota Akvaridi (SDA)
- Kapa Cignidi (KCG)
- Perzeidi (PER).

Perzeidi so imeli maksimum 12.8. ob 14<sup>h</sup> (primarni maksimum) in 17<sup>h</sup> (sekundarni maksimum). Napovedan ZHR za maksimum je bil nad 100, vendar prvo noč nismo še sistematično opazovali, smo pa videli zelo lepe meteorje. Aktivni so od 17.7 pa do 24.8. Kako lahko Perzeidi presenetijo se je pokazalo na noči iz 16. na 17.8. (četrtek/petek), ko smo videli kar 5 Perzeidov svetlejših od  $-3$ . magnitude. Trem od teh bolidov smo zarisali pot jih opisali v posebnih obrazcih. Perzeidi so srednje hitri meteorji, z atmosfersko hitrostjo 59 km/s. Pogosto puščajo za sabo sledi, ki so lahko vidne nekaj sekund. Matični komet teh svetlih meteorjev je Swift-Tuttle, s periodo 130,5 let. Perzeidi so značilni po sekundarnem maksimumu, ki ima veliko večji ZHR. Pred kratkim so opazovalci izvedeli za terciarni maksimum, ki ima ZHR podoben sekundarnemu maksimumu. V začetku avgusta je vidnih le nekaj Perzeidov, par dni pred maksimumom lahko vidimo kar 50 meteorjev, ob maksimumu pa okoli 100 meteorjev. Iz tega lahko sklepamo da se Perzeidom nekaj dni pred maksimumom močno dvigne ZHR potem pa strmo pada do 24. avgusta ko se njihova aktivnost konča.

Šibek meteorski roj so Akvaridi (SDA, NDA, NIA in SIA), ki jim ob maksimumu ZHR doseže 20. Vendar so naša vizualna opazovanja pokazala na manjši ZHR. Videli smo od 0 pa do 3 predstavnike tega roja. Med opazovanji nismo posebej zapisovali kateri od Akvaridov je bil videni meteor. Radiant imajo namreč tako blizu in so si med seboj tako podobni da bi jih bilo zelo težko ločevati. Atmosferska hitrost med njimi se razlikuje največ za 7 km/s (hitri okoli 40 km/s). Svetli meteorji so ponavadi SDA, barva pa je rumena ali rumeno-zelena.

Kapa Cignidi so bili po napovedih šibkejši od Akvaridov, vendar smo pri opazovanjih videli več Cignidov (maks. 9) kot pa Akvaridov (maks. 3). Od vseh omenjenih meteorskih rojev so Kapa Cignidi najbolj počasni (atm. hitrost 25 km/s). Vrh dosežejo zadnji dan tabora (19.8.) z ZHRjem 3, vendar bomo tisti večer že doma.

	$\iota$ Akvaridi (NIA/SIA)	$\delta$ Akvaridi (NDA/SDA)	Perzeidi (PER)	$\kappa$ Cignidi (KCG)
Maksimum	19.8/4.8.	8.8/28.7	12.8	17.8
ZHR	3/2	4/20	140	3
Deklinacija *	-7/-13	-4/-12	+59	+59
Rektascenzija*	322/345	339/352	50	285

Tabela 10.1: Podatki o meteorskih rojih.

## 10.4.2 Vizualna opazovanja

*Klemen Prah, Dunja Fabjan (mentorica)*

Za opazovanje meteorjev smo si izbrali skoraj vrh hriba na Medvedjem brdu na nadmorski višini okrog 800 metrov. Kraj je primeren, ker nas ni motila nobena luč. V našem vidnem polju ni bilo dreves ali drugih objektov, ki bi prekrivali zorno polje. Pri opazovanju nismo potrebovali veliko: do sekunde točno uro, dva obrazca za vpisovanje, pisalo in rdečo svetilko. Da nas ne bi zeblo, smo se toplo oblekli in se zavili v spalne vreče. V začetku tedna so bile noči zaradi nedavne hladne fronte hladnejše, potem pa vse toplejše.

Opazovali smo po dva skupaj ali pa posamezno. Kadar sva opazovala dva skupaj, je eden gledal v nebo in narekoval opažanja, drugi pa je skrbno zapisoval. Po eni uri opazovanja in po kratki pavzi sva zamenjala vlogi. Pri zbiranju podatkov bi si lahko pomagali tudi z diktafonom, če bi ga seveda imeli. Če bi opazovali meteorski dež, brez te naprave seveda ne bi šlo. Kar se tiče vremena, smo imeli pri opazovanjih srečo, kajti oblaki so nekoliko prekrivali nebo le prvo noč. Upoštevali smo oblake samo v našem zornem polju in ne prekritosti celotnega neba. Če bi bilo prekritega več kot dvajset odstotkov našega zornega polja, bi prenehali z opazovanji. Tudi Luna je bila na naši strani: zmanjševala se je od zadnjega krajca proti mlaju.

Da bi videli čimveč meteorjev, smo si vedno izbrali središče opazovanja, ki naj bo na višini 50 do 70 stopinj nad obzorjem. Tako smo izbirali zvezde v Liri, Labodu, Zmaju, Kefeju. . . Nikoli si nismo za središče opazovanja izbrali neposredno v radiantu meteorskega roja, ker bi tam lovili le zelo kratke ali celo stacionarne meteorje. Za opazovanje meteorjev moramo tudi dobro poznati ozvezdja in sije zvezd. Poznavanje sija zvezd nam je pomagalo, da smo lahko določili sij meteorja. Če je bil meteor svetel kot Severnica, smo zapisali, da je njegov sij bil druge magnitude, če pa je bil svetel kot Vega, smo mu pripisali ničto magnitudo itn. Če je bil meteor vsaj tako svetel, kot Venera (-4 magnitude), smo ga imenovali bolid. Bolidi so bili različnih barv, za seboj so pustili sled in nekateri so se celo razleteli na več kosov. Za enega smo si upali predvidevati, da so njegovi ostanki padli na ozemlje Hrvaške. Zvoka ob preletu bolidov pa nam ni uspelo slišati.

Na zvezdni karti smo poiskali radiante aktivnih rojev in si zapomnili, kje se nahajajo. Le tako smo med opazovanjem lahko meteorjem določili pripadnost nekemu roju. Preden smo odšli pod nočno nebo, smo se morali naučiti ali pa ponoviti določanje kotnih razdalj na nebu. Priročno je določanje razdalj z iztegnjeno roko. Tako vemo, da razprto dlan iztegnjene roke vidimo pod kotom dvaindvajsetih stopinj, pest pod kotom osem stopinj,

prst ima debelino dveh stopinj itn.

Da bi lahko vsake pol ure določali mejni sij neba, smo na zvezdni karti in na nebu poiskali vogalne zvezde IMO trikotnikov v našega zornem polju. Pri vsakem opazovanju smo si izbrali vsaj tri trikotnike, ki so nam pomagali, da smo določili mejni sij neba vsaj do 0,1 magnituda natančno. V trikotnikih smo šteli vse vidne zvezde, tudi vogalne. To smo delali na vsake pol ure opazovanja. Po opazovanju pa smo s pomočjo tabele odčitali mejni sij neba. Idealen mejni sij neba je 6,5 magnituda ali več. Ko pa se je mejni sij približal 5,0 magnitudi, je to bilo že zelo slabo. Ko smo videli v trikotniku le še tri vogalne zvezde, smo prenehali z opazovanji. Za nas so bili uporabni naslednji IMO trikotniki: 7 v Kefeju, 5 v Orлу, 6 v Pegazu, 13 v Liri, 14 v Labodu, 15 med Zmajem in Herkulom. Ker smo večkrat opazovali po celo noč, smo po nekaj urah zamenjali središče opazovanja.

Med opazovanjem smo si zapisovali vse nekajminutne odmore. To je pomembno zato, ker smo morali po opazovanju poznati efektivni čas, to je čas, ko smo opazovali meteorje, in ne čas, ki smo ga prebili zunaj. Zapisali smo tudi začetek in konec opazovanja. Pomembni so večerni in jutranji datumi noči (dvojni datumi), v kateri smo opazovali, da kasneje ne pride do zamenjav. Na opazovalni list smo zapisali tudi podatke o kraju, kjer smo opazovali (geografske koordinate in nadmorsko višino).

Za vsak meteor, ki smo ga opazili, smo si zapisali čas preleta meteorja, sij meteorja, pripadnost roju, kotno hitrost (uporabljali smo IMO lestvico: 0 stacionarni meteorji, 1 počasni...5 zelo hitri meteorji), morebitno sled in posebne značilnosti meteorja (barva, spremembe v siju, eksplozije, razbitje na več delov). Čas pojavitve meteorja smo zapisovali v svetovnem času (Universal Time UT — čas na Greenwichu). UT smo izračunali tako, da smo od srednjeevropskega poletnega časa (SEPČ) odšteli dve uri.

In kako vemo, h kateremu meteorskemu roju pripada meteor? Pripadniki istega meteorskega roja so si lahko podobni po barvi. Značilnost nekaterih rojev je tudi večje število meteorjev, ki zapustijo za sabo sled. Če meteorje iz meteorskega roja podaljšamo nazaj, se njihovi podaljški sekajo na nekaj stopinj velikem območju, ki ga imenujemo radiant. Meteor mora biti dolg približno polovico razdalje med začetkom meteorja in radiantom. Meteorji, pripadniki roja, se zdijo hitrejši, čim večja je njihova oddaljenost od radianta in čim večja je njihova višina nad obzorjem. Opazili smo tudi meteorje, ki so prileteli iz čisto naključnih smeri. To so sporadični meteorji.

Zbrane podatke o meteorjih lahko pošljemo na Mednarodno meteorsko organizacijo IMO. V bazi podatkov IMO se zbirajo podatki s celotnega sveta in so tudi sproti obdelani. Naša meteorska skupina bo na IMO organizacijo poslala podatke o opazovanjih in tako tudi o nekaterih bolidih, ki smo jih opazili na taboru.

### 10.4.3 Statistika opazovanj in bolidov

$N$	Opazovalec	IMO koda	$T_e$ (ure)
1.	Matevž Pucer	PUCMA	6,63
2.	Klemen Prah	PRAKL	4,31
3.	Dunja Fabjan	FABDU	8,2
SKUPNO			19,14

Tabela 10.2: Razporeditev vizualnih opazovalcev po številu učinkovitih opazovalnih ur.

noč	opazovalec	$T_e$	PER	AQU	KCG	SPOR	Skupno
13./14.	PUCMA	0,93	6	1	7	7	21
	PRAKL	1,65	17	0	3	2	22
	skupno	2,04	23	1	10	9	43
14./15.	PUCMA	1,8	12	3	14	8	37
	PRAKL	1,83	16	1	9	6	32
	FABDU	2,9	33	4	10	10	57
	skupno	6,53	61	8	33	24	126
15./16.	PUCMA	2,0	12	3	8	20	43
	PRAKL	0,83	4	1	5	1	11
	FABDU	3,8	36	7	11	24	78
	skupno	6,63	52	11	24	45	136
16./17.	PUCMA	1,9	10	5	2	20	37
	FABDU	1,5	15	6	5	15	41
	skupno	3,4	25	11	7	35	78
skupno število med taborom opaženih meteorjev določenega roja in sporadikov			161	31	74	113	379

Tabela 10.3: Opazovanja na taboru.

#### Bolidi

Čeprav z bolidi nismo imeli dosti sreče, največ jih je bilo v prvih dveh nočeh, nismo pa jih utegnili zapisati, smo lahko zadovoljni s tremi 'ujetimi' bolidi. Sicer so kar precej lepih bolidov imeli srečo videti tudi ostali udeleženci. Med njimi tudi enega, ki je verjetno padel nekam na Hrvaško, o tem pa med taborom iz javnih občil nismo slišali.

Geografske koordinate Medvedjega Brda:

$$\varphi = 45^\circ 58' 06''$$

$$\lambda = 14^\circ 06' 31''$$

$$h = 790 \text{ m}$$

Date: 16./17. 8. 2001 at 21h15m59s UT  
Observer: Matevž Pucer PUCMA  
-4 mag, KCG, duration 2,5 s, color: yellow  
persistent train: 0,5 s, scale number 2 (slow)  
begin:  $\alpha=262^\circ$   $\delta=+15^\circ$   
end:  $\alpha=251,2^\circ$   $\delta=-5^\circ$

Date: 16./17. 8. 2001 at 21h56m08s UT  
Observer: Dunja Fabjan FABDU  
-4 mag, SPOR, duration 5,5 s, color: yellow, white  
no persistent train, scale number 1 (very slow)  
begin:  $\alpha=207,5^\circ$   $\delta=+72^\circ$   
end:  $\alpha=68,7^\circ$   $\delta=+48,5^\circ$

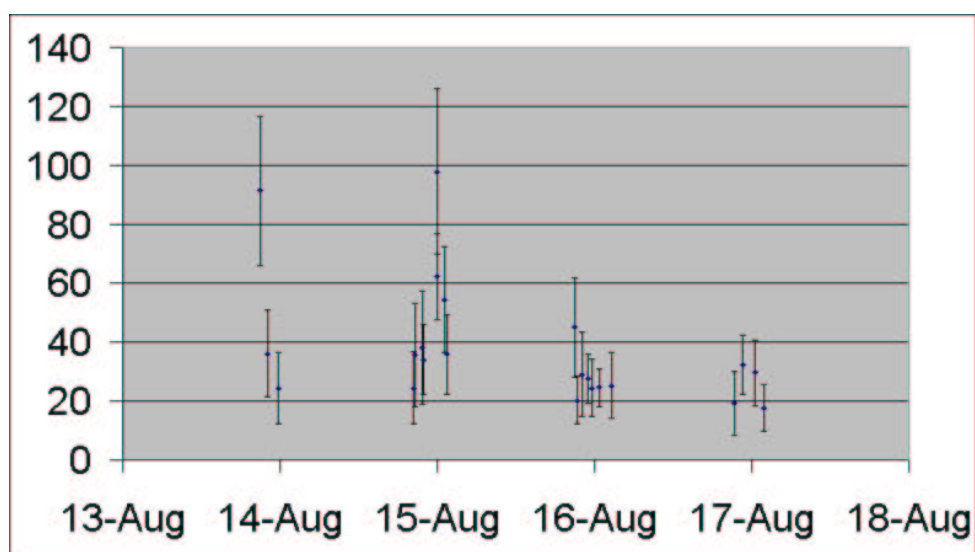
Date: 16./17. 8. 2001 at 00h59m12s UT  
Observer: Matevž Pucer PUCMA  
-5 mag, PER, duration 3 s, color: yellow  
no persistent trail, scale number 5 (very fast)  
begin:  $\alpha=120^\circ$   $\delta=+78^\circ$   
end:  $\alpha=229^\circ$   $\delta=+65^\circ$

#### 10.4.4 Tabele in grafi izračunov ZHR

## 1.3.5.1 Tabela in graf ZHR za Perzeide

opazovalec	noč	Zač – kon (UT)	$T$ (UT)	$T_e$ (h)	$C$	$F$	$L_m$	$K$	$N$	ZHR	$\pm$
PUCMA	13./14.	21:35 – 22:40	22:07:30	0,93	2,4	1	5,58	2,25	6	36,1	14,7
PRAKL		20:25 – 21:26	20:55:30	0,92	1,9	1,1	5,84	3,06	13	91,4	25,3
PRAKL		23:28 – 00:17	23:52:30	0,73	2,9	1	5,3	1,55	4	24,3	12,1
PUCMA	14./15.	21:12 – 22:16	21:40:00	0,93	3,5	1	5,19	2,53	4	38,1	19,1
PUCMA		00:35 – 01:37	01:06:00	0,87	4,3	1	5,0	1,22	9	54,4	18,1
PRAKL		20:01 – 21:01	20:31:00	0,88	2,5	1	5,56	2,18	4	24,4	12,2
PRAKL		23:24 – 00:27	23:55:30	0,95	3,3	1	5,25	1,46	12	98,0	28,3
FABDU		20:05 – 21:00	20:32:30	0,65	1,7	1	5,9	3,39	4	35,5	17,7
FABDU		21:23 – 22:31	21:57:00	0,9	1,6	1	6,0	2,36	8	34,0	12,0
FABDU		23:24 – 00:33	23:58:30	0,82	2,3	1	5,6	1,4	14	62,1	14,6
FABDU		01:04 – 01:50	01:27:00	0,58	2,4	1	5,6	1,2	7	35,8	13,5
PUCMA	15./16.	20:21 – 21:29	20:55:00	1,0	2,8	1	5,4	2,22	7	45,0	17,0
PUCMA		23:07 – 00:15	23:41:00	1,0	2,8	1	5,4	1,43	6	24,4	9,9
PRAKL		21:37 – 22:32	22:04:30	0,83	2,7	1	5,5	2,3	4	29,0	14,5
FABDU		20:35 – 22:11	21:23:00	1,3	1,6	1	6,0	2,72	6	20,2	8,2
FABDU		22:17 – 23:46	23:01:30	1,0	1,6	1	6,0	1,56	11	27,6	8,3
FABDU		23:50 – 01:44	00:47:00	1,16	1,6	1	6,0	1,26	14	24,5	6,5
FABDU		02:16 – 02:48	02:32:00	0,42	1,9	1	5,8	1,10	5	25,2	11,0
PUCMA	16./17.	20:45 – 22:02	21:23:30	0,9	2,1	1	5,7	2,7	3	19,2	11,0
PUCMA		23:53 – 01:26	00:33:00	1,0	2,5	1	5,5	1,7	7	29,5	11,1
FABDU		22:10 – 23:10	22:40:00	0,91	1,7	1	5,9	1,65	10	32,1	10,1
FABDU		01:29 – 02:06	01:47:30	0,58	1,7	1	5,9	1,15	5	17,5	7,8

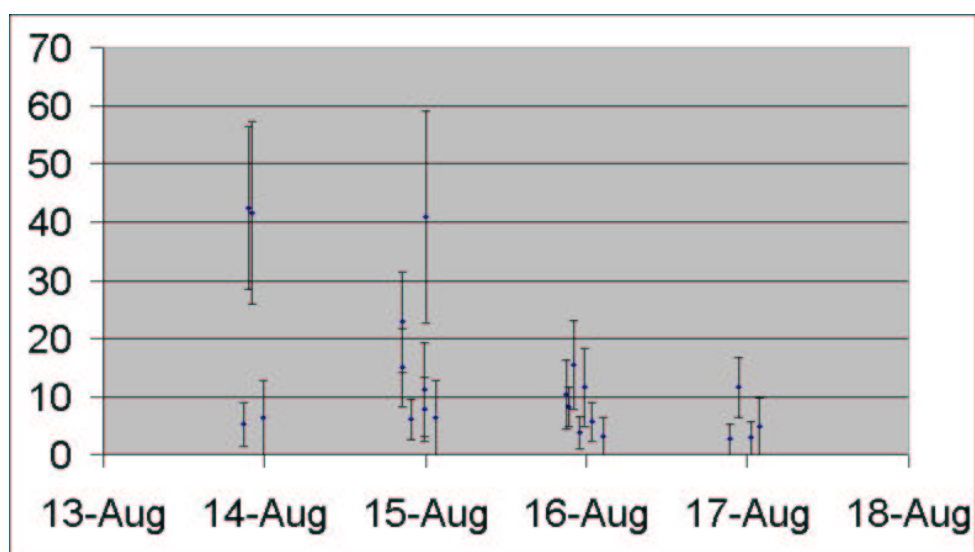
Tabela 10.4: Izračunani ZHR Perzeidov.



Slika 10.1: ZHR Perzeidov.\*

Tabela in graf ZHR  $\kappa$ -Cignidov

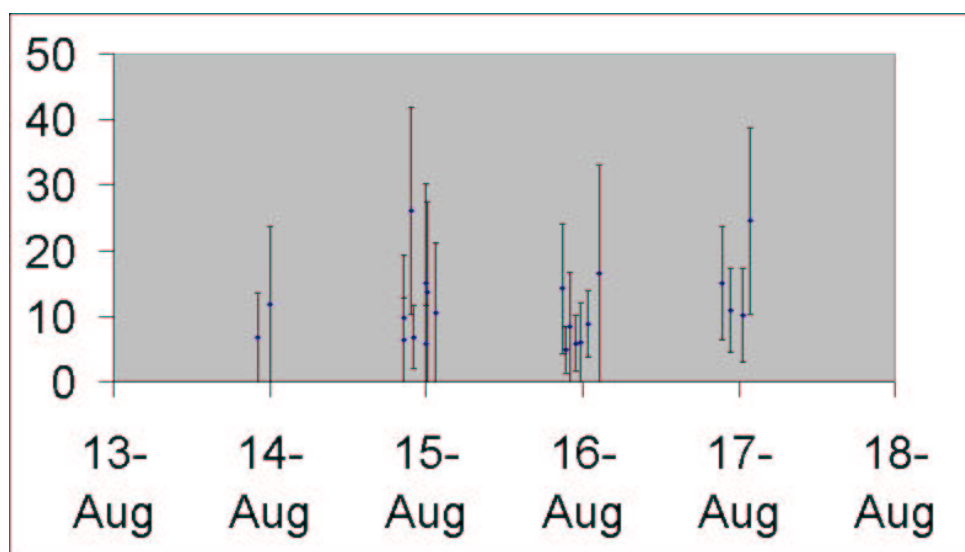
opazovalec	noč	Zač – kon (UT)	$T$ (UT)	$T_e$ (h)	$C$	$F$	$L_m$	$K$	$N$	ZHR	$\pm$
PUCMA	13./14.	21:35 – 22:40	22:07:30	0,9	2,7	1	5,58	1,7	7	41,6	15,7
PRAKL		20:25 – 21:26	20:55:30	0,92	2,0	1,1	5,84	1,04	2	5,2	3,7
PRAKL		23:28 – 00:17	23:52:30	0,73	3,7	1	5,3	1,26	1	6,4	6,4
PUCMA	14./15.	21:12 – 22:16	21:40:00	0,9	4,2	1	5,19	1,04	9	42,4	14
PUCMA		00:35 – 01:37	00:06:00	0,87	5,4	1	5,0	1,33	5	40,9	18,3
PRAKL		20:01 – 21:01	20:31:00	0,88	2,8	1	5,56	1,03	7	22,9	8,6
PRAKL	15./16.	23:24 – 00:27	23:55:30	0,95	3,9	1	5,25	1,35	2	11,2	8,0
FABDU		20:05 – 21:00	20:32:30	0,65	1,9	1	5,9	1,03	5	15,0	6,7
FABDU		21:23 – 22:31	21:57:00	0,9	1,7	1	6,0	1,05	3	6,1	3,5
FABDU	15./16.	23:24 – 00:33	23:58:30	0,82	2,7	1	5,6	1,20	2	7,8	5,5
FABDU		01:04 – 01:50	01:27:00	0,58	2,7	1	5,6	1,39	0	6,4	6,4
PUCMA		20:21 – 21:29	20:55:00	1,0	3,4	1	5,4	1,03	3	10,4	6,0
PUCMA	15./16.	23:07 – 00:15	23:41:00	1,0	3,3	1	5,4	1,16	3	11,6	6,7
PRAKL		21:37 – 22:32	22:04:30	0,83	3,1	1	5,5	1,04	5	15,5	7,7
FABDU		20:35 – 22:11	21:23:00	1,3	1,7	1	6,0	1,04	6	8,3	3,4
FABDU	16./17.	22:17 – 23:46	23:01:30	1,0	1,7	1	6,0	1,12	2	3,8	2,7
FABDU		23:50 – 01:44	00:47:00	1,16	1,7	1	6,0	1,29	3	5,7	3,3
FABDU		02:16 – 02:48	02:32:00	0,42	2,1	1	5,8	1,63	0	3,2	3,2
PUCMA	16./17.	20:45 – 22:02	21:23:30	0,9	2,3	1	5,7	1,0	1	2,7	2,7
PUCMA		23:53 – 01:26	00:33:00	1,0	2,8	1	5,5	1,1	1	2,9	2,9
FABDU		22:10 – 23:10	22:40:00	0,91	1,9	1	5,9	1,1	5	11,6	5,2
FABDU	16./17.	01:29 – 02:06	01:47:30	0,58	1,9	1	5,9	1,48	0	4,9	4,9

Tabela 10.5: Izračunani ZHR  $\kappa$ -Cignidov.Slika 10.2: ZHR  $\kappa$ -Cignidov.\*

## 1.5.3.3 Tabela in graf ZHR Akvaridov

opazovalec	noč	Zač – kon (UT)	$T$ (UT)	$T_e$ (h)	$C$	$F$	$L_m$	$K$	$N$	ZHR	$\pm$
PUCMA	13./14.	21:35 – 22:40	22:07:30	0,9	2,9	1	5,58	1,7	1	4,5	4,5
PRAKL		20:25 – 21:26	20:55:30	0,92	2,2	1,1	5,84	2,6	0	6,8	6,8
PRAKL		23:28 – 00:17	23:52:30	0,73	4,0	1	5,3	2,1	0	11,8	11,8
PUCMA	14./15.	21:12 – 22:16	21:44:00	0,93	4,6	1	5,19	1,7	3	26,1	15,8
PUCMA		00:35 – 01:37	00:06:00	0,87	5,9	1	5,0	2,0	0	13,7	13,7
PRAKL		20:01 – 21:01	20:31:00	0,88	3,0	1	5,56	2,9	0	9,7	9,7
PRAKL		23:24 – 00:27	23:55:30	0,95	4,3	1	5,25	3,3	1	15,1	15,1
FABDU		20:05 – 21:00	20:32:30	0,65	2,0	1	5,9	2,1	1	6,4	6,4
FABDU		21:23 – 22:31	21:57:00	0,9	1,8	1	6,0	1,7	2	6,8	4,8
FABDU		23:24 – 00:33	23:58:30	0,82	2,8	1	5,6	1,7	0	5,8	5,8
FABDU		01:04 – 01:50	01:27:00	0,58	2,8	1	5,6	2,2	1	10,6	10,6
PUCMA	15./16.	20:21 – 21:29	20:55:00	1,0	3,6	1	5,4	1,9	2	14,2	9,9
PUCMA		23:07 – 00:15	23:41:00	1,0	3,5	1	5,4	1,7	1	6,0	6,0
PRAKL		21:37 – 22:32	22:04:30	0,83	3,3	1	5,5	2,1	1	8,4	8,4
FABDU		20:35 – 22:11	21:23:00	1,3	1,8	1	6,0	1,8	2	4,9	3,5
FABDU		22:17 – 23:46	23:01:30	1,0	1,8	1	6,0	1,6	2	5,9	4,2
FABDU		23:50 – 01:44	00:47:00	1,16	1,8	1	6,0	1,9	3	8,8	5,1
FABDU		02:16 – 02:48	02:32:00	0,42	2,2	1	5,8	3,2	0	16,5	16,5
PUCMA	16./17.	20:45 – 22:02	21:23:30	0,9	2,5	1	5,7	1,8	3	15,0	8,6
PUCMA		23:53 – 01:26	00:33:00	1,0	3,0	1	5,5	1,7	2	10,1	7,1
FABDU		22:10 – 23:10	22:40:00	0,91	2,0	1	5,9	1,6	3	10,9	6,3
FABDU		01:29 – 02:06	01:47:30	0,58	2,0	1	5,9	2,3	3	24,6	14,2

Tabela 10.6: Izračunani ZHR kompleksa rojev Akvaridov.



Slika 10.3: ZHR kompleksa rojev Akvaridov.\*



Legenda k tabelam:

$T$  ... sredina opazovalnega časa

$T_e$  ... efektivni čas opazovanja

$L_m$  ... mejni sij neba

\*Ob točki lahko v tabeli ZHRjev prepoznate opazovalca.

### 10.4.5 Izračun ZHR

*Klemen Prah, Dunja Fabjan (mentorica)*

ZHR (Zenital hourly rate) je število meteorjev, ki pripadajo danemu meteorskemu roju in bi jih videl opazovalec v eni uri v jasni noči z mejnim sijem zvezd 6,5 magnitude in radiantom roja v zenitu. Ker nikoli ne opazujemo v idealnih razmerah, moramo pri izračunu ZHR-ja upoštevati popravke. ZHR računamo za vsak meteorski roj posebej in tudi za vsakega opazovalca posebej in sicer:

$$ZHR = (F \times C \times K \times N \times C_p) / T_e$$

kjer je:

$F$  ... popravek zaradi oblačnosti

$C$  ... popravek zaradi mejnega sija neba

$K$  ... popravek zaradi oddaljenosti radianta od zenita

$N$  ... število meteorjev, ki smo jih videli

$T_e$  ... efektivni čas opazovanja

$C_p$  ... standardna percepcija opazovalca

$T_e$  ... efektivni čas opazovanja

Pri naših opazovanjih je bil efektivni čas dolg približno eno uro. Mogoče je bil nekoliko krajši proti jutru, ko smo bili vsi že nekoliko utrujeni.

Efektivni čas celotnega opazovanja smo dobili z vsoto vseh opazovalnih intervalov.

$F$  ... popravek zaradi oblačnosti

Oblačnost smo zapisovali samo za naše zorno polje. Ker nam popravek zaradi oblačnosti zveča ZHR, ocenjujemo oblačnost raje nekoliko nižje. Pri tem upoštevamo samo oblake, ki popolnoma prekrijejo zvezde. Pri opazovanjih pa smo imeli srečo, ker smo vse dni imeli čisto nebo.

$C$  ... popravek zaradi mejnega sija neba

S popravkom mejnega sija neba smo ocenjevali vidljivost na celotnem zornem polju.  $C$  je razmerje med številom meteorjev, ki bi jih videli pri mejnem sijju neba 6,5 magnitude, in

številom meteorjev, ki smo jih videli pri našem mejnem siju.

Za računanje tega popravka smo potrebovali tudi podatek o populacijskem indeksu roja, ki je razmerje med številom meteorjev določene magnitude in številom eno magnitudo svetlejših meteorjev. Populacijski indeks, ki je določen za vsak roj posebej, smo razbrali iz tabele (za Akvaride smo upoštevali populacijski indeks NIA, ki imajo v času tabora maksimum).

Mejni sij neba pa smo določili s pomočjo IMO trikotnikov, kot je bilo že opisano.

$K$  ... popravek zaradi oddaljenosti radianta od zenita

Popravek zaradi oddaljenosti radianta od zenita računamo, ker bliže je radiant roja zenitu, več meteorjev lahko opazimo.

Napaka ZHR-ja

Ob izračunu ZHR-ja ponavadi damo še napako ZHR-ja. Izračunamo jo tako, da ZHR delimo s korenomo opaženih meteorjev. Podatki o napaki ZHR-ja so prikazani v tabeli in grafu.

$C_p$  ... standardna percepcija opazovalca

To je količina, ki primerja opazovalce med seboj in jo uporabljamo pri izračunu skupnega ZHR-ja iz opazovanj več opazovalcev. Pomagamo si s številom sporadičnih meteorjev, ki jih opazovalca vidita v istem časovnem intervalu. Standardne percepcije opazovalca nismo posebej računali, ker smo še vsi neizkušeni opazovalci meteorjev.

## 10.5 Zaključki

Pri Perzeidih se je vrednost ZHRja počasi zmanjševala. Prvo in drugo noč je bil naš izračunani ZHR še nekje nad 50 (čeprav se vrednosti vseh treh opazovalcev precej razlikujejo med sabo). Zadnji dve opazovalni noči pa je dobro viden upad ZHRja na vrednost med 20 in 30, zadnjo noč tudi manj.

Roj  $\kappa$ -Cignidov je imel maksimum med taborom. Naši podatki kažejo na večjo aktivnost v drugi opazovalni noči. ZHR  $\kappa$ -Cignidov naj bi se gibal okoli vrednosti 3, naši ZHRji pa so precej višji, kot bi pričakovali. Verjetno lahko tako napako pripišemo neizkušenosti nas opazovalcev, ki smo morda med  $\kappa$ -Cignide prišteli tudi kakšne sporadične meteorje.

Vrednosti ZHRja kompleksa rojev Akvaridov se v vsaki noči precej razlikujejo, edino zadnjo opazovalno noč so ZHRji pri obeh opazovalcih višji od 10. To je verjetno zato, ker imajo NIA maksimum 19. avgusta. Sicer pa je vrednost ZHRja za vse udeležence višja, kot bi morala biti, ker smo opazovali vse štiri roje skupaj.

## 10.6 Literatura in viri

Triglav Mihaela: *Meteorji*, DMFA, Ljubljana, 2000.

*Oxfordova ilustrirana enciklopedija astronomije*, Ljubljana, 2000.

*Naše Nebo 2001*.

*Sky Atlas 2000.0*.

*Poletni Astronomski Meteorski Tabor 2000*, AD Javornik.

*Mladinski Astronomski Raziskovalni Tabor — Medvedje Brdo 2000*, AD Javornik.

Kambič Bojan: *Zvezdni atlas za epoho 2000*.

*Spika*.

*Coelum, Lastronomia*.

## 10.7 Zahvala mentorice

Za zaključek moram pohvaliti skupino, ki je dobro delala in se trudila tako pri razumevanju podane snovi kot pri izračunih ZHRjev. Glede izračunov ZHRja imam še nasvet in sicer, da bi se morda dalo napisati kakšen program (recimo v Excelu), ki bi sam računal ZHRje, dovolj bi bilo vstaviti nekatere podatke. Cenim to, da so se udeleženci za opazovanje zelo zanimali, zaradi lastne neizkušenosti pa jim včasih nisem bila v preveliko pomoč.

Na koncu bi se rada zahvalila Mihaeli Triglav, ki mi je bila v izjemno pomoč in za njeno potrpežljivost pri reševanju najrazličnejših problemov in posredovanju idej.

*Dunja Fabjan*

## 10.8 Razno — Neuradno poročilo

### 10.8.1 Zahvala mentorici Dunji

Medtem ko Dunja zunaj igra košarko, se ostali člani meteorske skupine na vso moč trudimo, da bi nam uspelo izraziti vsaj delček zahvale mentorici, katere glavna skrb na tem taboru je bila, da bi bila naša skupina uspešna, da bi čimveč naredili, da ne bi slučajno ostalo komu kaj nejasnega in da ne bi slučajno kdo ostal brez pomoči pri svojem delu. (No, medtem se je Dunja vrnila in povedala, da so v košarki zmagali. Čestitamo!). S svojo delavnostjo in prizadevnostjo nam je bila vsem vzgled. Poskrbela je za prijetno vzdušje z dobro voljo in petjem. Kaj je lahko lepšega od opazovanja meteorjev ob prijetnem petju. V bodoče se bomo prav gotovo še z večjim veseljem posvečali iskanju utrinkov in upamo, da se nam bo izpolnilo čimveč želja. Hvala!

*Špela, Matevž in Klemen*

### 10.8.2 Nenavaden zvok bolidov

V noči iz 15. na 16. avgust se nam je pri opazovanjih na hribu priključila skupina astrofizikov. Takoj nam je bilo jasno, da so za opazovanje meteorjev nekoliko manj izkušeni od nas. Dolgo je trajalo, da so se zavili v spalne vreče, še dlje pa je trajalo, da jim je Šerif (njihov mentor Primož) z mahanjem s svetlobnim snopom po nebu uspel razložiti (z nekajkratnimi ponovitvami), kako in kaj opazujemo. Med opazovanjem so bili nekateri preveč nerodni s svojimi svetilkami (nekateri kar brez rdečega filtra) in so s tem večkrat zmedli naše, na temo že navajene oči. Ampak na koncu sem bil kar malo presenečen, namreč tisti bolj nadarjeni so izsledili in zabeležili zelo lepo število meteorjev.

Toda bistvo tega opazovanja še ni bilo povedano. Namreč, po preletu bolidov večkrat napnemo ušesa in se trudimo, da bi zaznali kakšne zvočne signale. Med opazovanjem, ki ga omenjam, je bilo zvočnih signalov malo morje — ali so jih oddali črni bolidi s posebno zvočno frekvenco, tega ne vem. Vem pa kakšen je bil njihov zvok. Primerjali bi ga lahko z zvokom, ki ga pri svoji najpomembnejši življenjski dejavnosti oddajajo Predin, Kreslin, R.E.M. . . .

No, šele kasneje so mi povedali, da je Šerif v svojem žepu skrival majhen kasetofon, ki mu je krajšal noč zvezdnih utrinkov, noč želja.

Seveda astrofiziki na hribu niso zdržali tako dolgo kot mi. Rok je sicer obljubil, da se bo vrnil, pa najbrž ni našel očal, da bi prišel nazaj na opazovališče in pospravil 20 × 80 binokular in spalno vrečo. Mogoče pa se je zopet s kom zapletel v pogovor o vampirjih. No, pa saj so nas med opazovanjem kar naprej preletavali šišmiši.

*Klemen*

### 10.8.3 Še nekaj od Špele

Lepo to, da je že klemc (Klemen) tok napisav. Bo vsaj men treba manj! Naša skupina mi je bla prav všeč! Zakaj? Ker me ni nikamor priganjala! Dunja je pa sploh faca, ker je podpirala mojo lenobo in pustila, da samo fotografiram in ne računam tistih čudnih ZHR-jev. :)

Na tem taboru je ful zakon, ker lahko počneš lih kar hočeš, no ja, skor vse kar hočeš! Pa faj publi pa punčke sa ta! Aja, pa mentorji tud! :) Nu, še bi se dalo pisat, sm men se ne da, pa nebi blu fajn de kaj narobe napišem. (upam de ste zastupl).

*Špela*

# Poglavje 11

## Splošna skupina

*Mentorja: Tomaž Pust, Stane Slavec*

### 11.1 Uvod

#### 11.1.1 Kaj se lahko nauči novopečeni astronom v sedmih dneh?

Po prvi noči opazovanj smo se porazdelili v skupine. V skupino za splošno astronomijo se je prijavilo sprva pet članov tabora, z zamudo pa se je priključila še ena članica. Kot vsi začetniki so se morali spoznati z osnovo astronomije, za kar je prvo noč poskrbel Niko. Vendar smo morali vseeno obnoviti spoznavanje ozvezdji, uporabo zvezdne karte, postavitve teleskopa in njegova uporaba.

S Stanetom sva pripravila šest vaj; masa Jupitra, solarna konstanta, premer in identifikacija vidnih Luninih kraterjev, Wolfovo število in kotna hitrost Sončnih peg, razdalja med Venero in Zemlje ter izračun meridiana z gnomonom.

#### 11.1.2 In kaj smo se naučili?

Vsi člani naše skupine sedaj poznajo ozvezdja, znajo sami poiskati objekte s teleskopom in jih opazovati. Znajo izračunati solarno konstanto, maso Jupitra in hitrost Sončnih peg. Za te vaje so nam uspeli meritve. Zaradi nesreče pri razvijanju filma nam nista uspeli vaji z Venero in Luno, ki pa smo jih naredili v teoriji. Naučili so se tudi osnove opazovanja spremenljivk in meteorjev, pri čemer sta pomagala Dunja in Mare. Spoznali so tudi osnove kozmologije in našega sončnega sistema. Tudi osnove slikanja vesoljskih objektov nam niso neznanka, čeprav so se nam slike ponesrečile, pa ne samo po naši krivdi.

*Tomaž, Stane*

## 11.2 Solarna konstanta

*Denis , Pero Podlasca, Marko Pust (mentor)*

Solarna konstanta je pravzaprav gostota svetlobnega toka, ki ga Zemlja prejme od Sonca. Za njen izračun smo morali opraviti praktične meritve. Meritve so zavzemale segrevanje in ohlajevanje vode na soncu oz. v senci, ter spremembe sence glede na čas.

### 11.2.1 Meritve in teorija

Za meritve smo uporabljali:

- kalorimeter (črno pobarvana pločevinka laškega, ki so jo izpraznili naši mentorji, napolnjena z vodo)
- palico zapičeno v zemljo
- termometer

Temperaturi vode in zraka sta bili na začetku merjenja identični in sicer 24,5°C. Nato smo postavili pločevinko na sonce in v 10 minutnih presledkih beležili spremembo temperature (ker pa se voda ne segreva enakomerno, smo morali le to mešati ), ko se je ta ustalila smo jo prenesli v senco. V enakih presledkih smo merili tudi dolžine senc, ki jih je metala palica. Rezultate, ki smo jih dobili, smo uporabili v enačbah:

Vodi dovedena toplota je:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Volumen valja je:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Iz tega sledi masa vode  $m$ :

$$m = p \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho$$

V zgornjih enačbah je  $r$  polmer valja,  $h$  je višina in  $\rho$  gostota vode (1 g/cm<sup>3</sup>). specifična toplota vode, ki smo jo označili z  $c_p$ , pa znaša:  $c_p = 4200$  J/kg K

Pri izračunu gostote svetlobnega toka je potrebno upoštevati tudi obliko pločevinke, saj svetloba ne segreje ploskve enakomerno:

$$J = J_0 \cdot \cos \alpha$$

Toplotno tok, ki greje vodo pa izrazimo z:

$$J = P/S$$

V enačbi je  $S$  različno obsevana površina  $S = \pi r h$ . Torej lahko toplotni tok zapišemo kot:

$$P = 2r\pi h j \cos \alpha$$

Zaradi tega toka se v času  $t$  voda segreje za  $\Delta T$ . Torej dobimo:

$$J = \pi r \rho c_p \Delta T / 2t \cdot \cos \alpha$$

To je približek, saj nismo upoštevali:

1. Izgube energije
2. Segrevanja kovine (pločevinke)
3. Difuzno sevanje ozračja in okolice
4. Absorpcijo cilindra oz. odbojnost

Sevalne izgube in konvekcijske izgube kalorimetra pa lahko ocenimo. Kot smo že omenili pa po segrevanju sledi ohlajevanje, kjer kalorimeter postavimo v senco in opazujemo padanje temperature sorazmerno s časom.

$$P_i = m \cdot c_p \cdot \Delta T/t$$

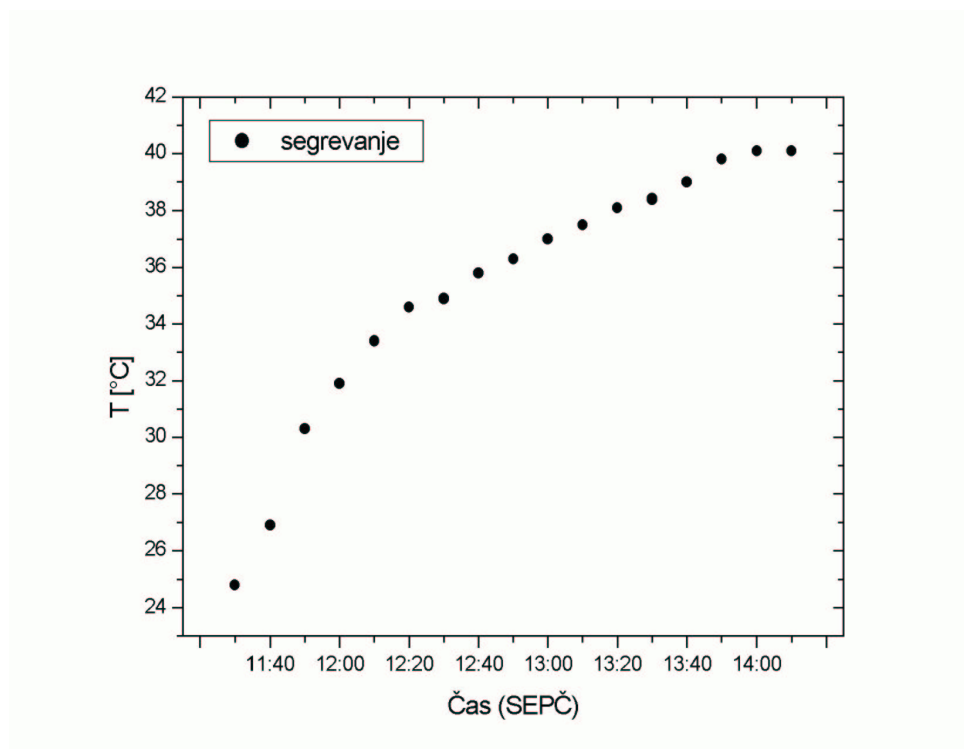
Torej velja:

$$P_s = Q/t + P_i$$

V tej enačbi je  $P_s$  toplotni tok s Sonca,  $P_i$  pa toplotni tok izgub. Ta vrednost pa je precej boljši približek kot prejšnji.

## 11.2.2 Rezultati

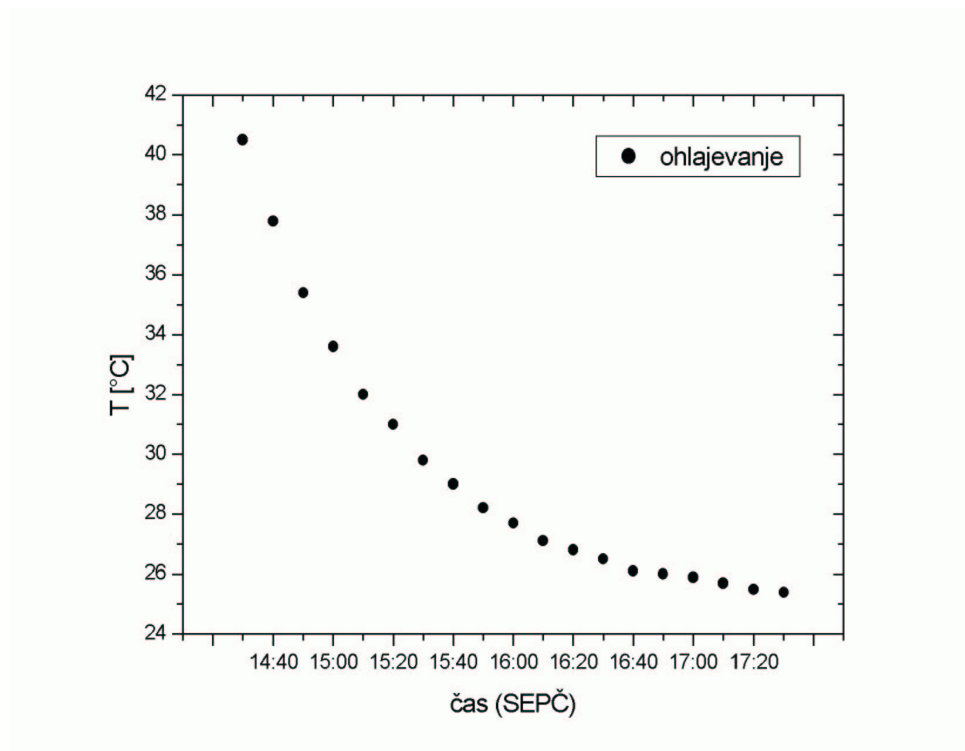
Po obdelavi podatkov smo dobili naslednje grafe:



Slika 11.1: Segrevanje vode v odvisnosti od časa.

Prvi graf (slika 11.1 prikazuje odvisnost naraščajoče temperature vode od časa  $t$  v sekundah. Merjenje se je začelo ob 11:30.

Graf 11.2 prikazuje padanje temperature vode (v senci), v odvisnosti od časa. Začetek meritev je bil 14:30. Tretji graf (11.3) prikazuje spreminjanje kota  $\alpha$  (vpadni kot sončnih



Slika 11.2: Ohlajanje vode v odvisnosti od časa.

žarkov) glede na čas. Beležili smo ga od 11:30 do 17:30. Ko podatke vnesemo v enačbo za izračun solarne konstante ( $J = m \cdot c_p \cdot \Delta T / 2 \cdot r \cdot h \cdot \Delta t \cdot \cos \alpha$ ), pri katerem je približek  $\cos \alpha = 0,54$ . V tej enačbi je  $\Delta T / \Delta t$  konstanta, katere povprečno vrednost smo izračunali iz povprečja zgornje premice, ki prikazuje odvisnost temperature vode z časom. Konstanta  $\Delta T / \Delta t$  ima vrednost  $0.0014 \frac{K}{s}$ . Prvi približek solarne konstante je:

$$J_0 = 477 \text{ W/m}^2$$

Pri tem pa nismo upoštevali izgub. S podobno enačbo kot je prejšnja pa se lahko bolj približamo pravilni vrednosti, samo da pri tej upoštevamo rezultate ohlajevanja. Tudi tu dobimo konstanto  $\Delta T / \Delta t$ , ki znaša  $-0.00121 \frac{K}{s}$ . Če upoštevamo izgube dobimo enačbo za približek solarne konstante:

$$J = J_0 - J_i$$

Pri čem je  $J$  solarna konstanta,  $J_0$  prvotna vrednost,  $J_i$  pa tok izgub. Ker je  $J_i$  negativen se  $J$  poveča za  $J_i$ , ki znaša  $301 \text{ W/m}^2$

$$J = 778 \text{ W/m}^2$$

### 11.2.3 Za konec pa še...

Rezultat je pa še vedno približek, saj sva izpustila ekstinkcijo (to je izguba toplotnega toka skozi atmosfero) Želela sva upoštevati ekstinkcijo, vendar se je izkazalo, da meritve niso bile dovolj kvalitetne. Če bi želela upoštevati ekstinkcijo bi morali imeti kalorimeter



s hitrejšim odzivnim časom. Neglede na to je rezultat kar dober. Brez upoštevanja ekstinkcije bi pričakovali bi solarno konstanto nekje od  $800 \text{ W/m}^2$  do  $1000 \text{ W/m}^2$ .

Zahvalila bi se vsemu folku v splošni skupini, še posebej Mateju za pomoč pri meritvah. Zahvalima se najinim mentorjem: Mare, Tomaž in Stanetu. Za tiste, ki se jim ne ljubi brati vsega tega sr..., pa naj pride naslednje leto na tabor — midva bova tam. Do takrat...mejte se

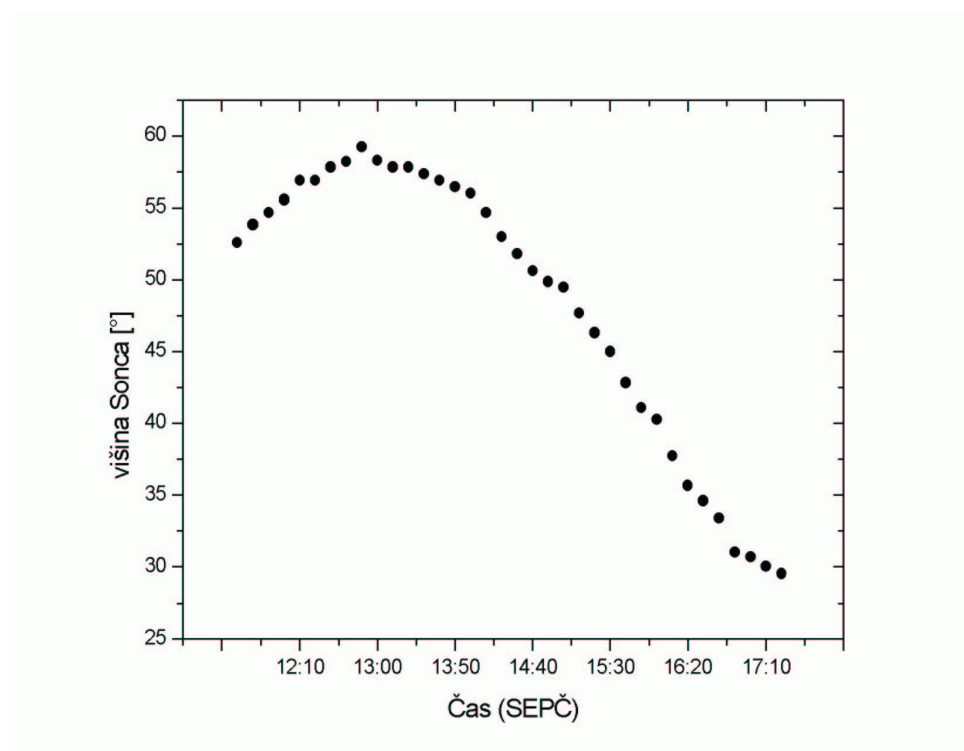
### 11.2.4 Meritve

Kot prilogo dodajava še tabelo meritev. S črtami so označeni trenutki, ko sva kalorimeter dala v senco. Ostali pomembni podatki so : masa vode je bila  $0.519 \text{ kg}$ , višina valja je bila  $0.17 \text{ m}$  ter polmer valja :  $0.035 \text{ m}$  (  $3,5 \text{ cm}$  ).

### 11.2.5 Literatura

Marko Pust: *Astronomski tabor Medvedje brdo 99: Naloge in projekti.*

P.s. Za dodatne informacije pa pokličite 090 44-44



Slika 11.3: Sprememba višine Sonca nad obzorjem tokom eksperimenta.

Ura [SEPC]	čas [s]	Voda [° C]	Zrak [° C]	Kot [° ]
11:30	0	24,8	25,80	
11:40	600	26,9	24,80	52,61
11:50	1200	30,3	24,50	53,85
12:00	1800	31,9	24,40	54,70
12:10	2400	33,4	24,70	55,57
12:20	3000	34,6	24,60	56,90
12:30	3600	34,9	24,80	56,90
12:40	4200	35,8	24,90	57,82
12:50	4800	36,3	24,70	58,20
13:00	5400	37,0	24,90	59,22
13:10	6000	37,5	24,80	58,28
13:20	6600	38,1	24,90	57,82
13:30	7200	38,4	24,90	57,82
13:40	7800	39,0	25,00	57,36
13:50	8400	39,8	25,20	56,90
14:00	9000	40,1	25,10	56,45
14:10	9600	40,1	25,20	56,01
14:20	10200	40,1	25,10	54,70
14:30	10800	40,5	25,20	53,02
14:40	11400	37,8	25,40	51,81
14:50	12000	35,4	25,40	50,64
15:00	12600	33,6	25,40	49,87
15:10	13200	32,0	25,4	49,50
15:20	13800	31,0	25,6	47,69
15:30	14400	29,8	25,6	46,31
15:40	15000	29,0	25,6	45,00
15:50	15600	28,2	25,7	42,83
16:00	16200	27,7	25,7	41,10
16:10	16800	27,1	25,7	40,28
16:20	17400	26,8	25,8	37,73
16:30	18000	26,5	25,8	35,66
16:40	18600	26,1	25,8	34,60
16:50	19200	26,0	25,7	33,39
17:00	19800	25,9	25,6	31,02
17:10	20400	25,7	25,6	30,68
17:20	21000	25,5	25,6	30,02
17:30	21600	25,4	25,5	29,54

Tabela 11.1: Meritve solarne konstante

## 11.3 Sonce

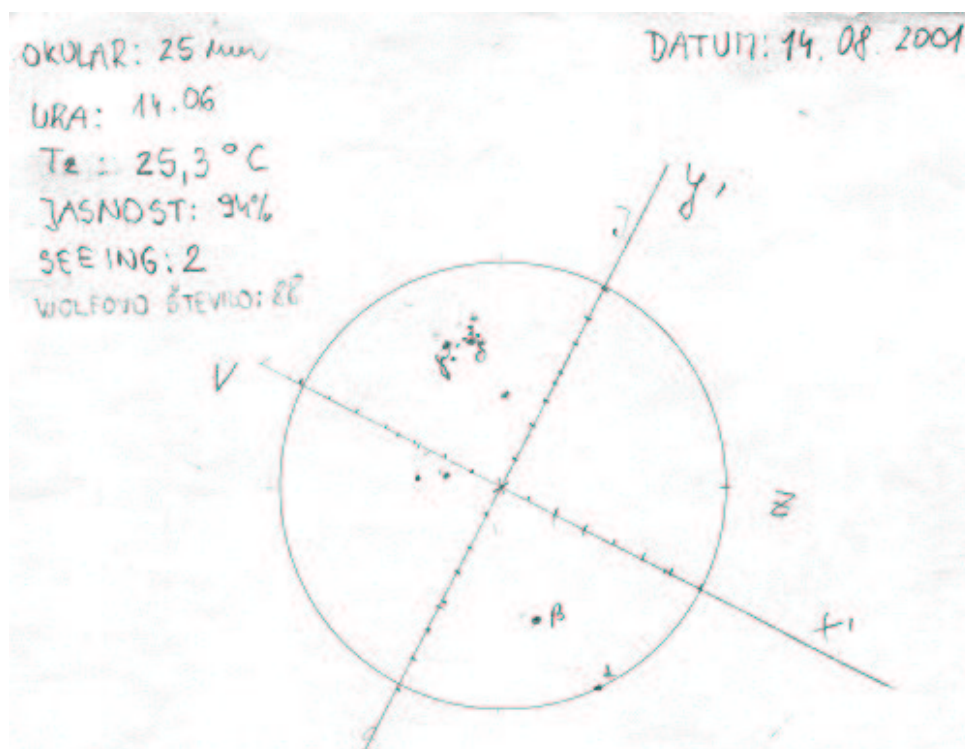
*Irena Vitez, Mia Srebotnjak, Tomaž Pust (mentor), Stane Slavec (mentor)*

Opazovanje Sonca je ena najenostavnejših in tudi najzanimivejših dejavnosti, ki je primerna tudi za najmlajše ljubitelje astronomije.

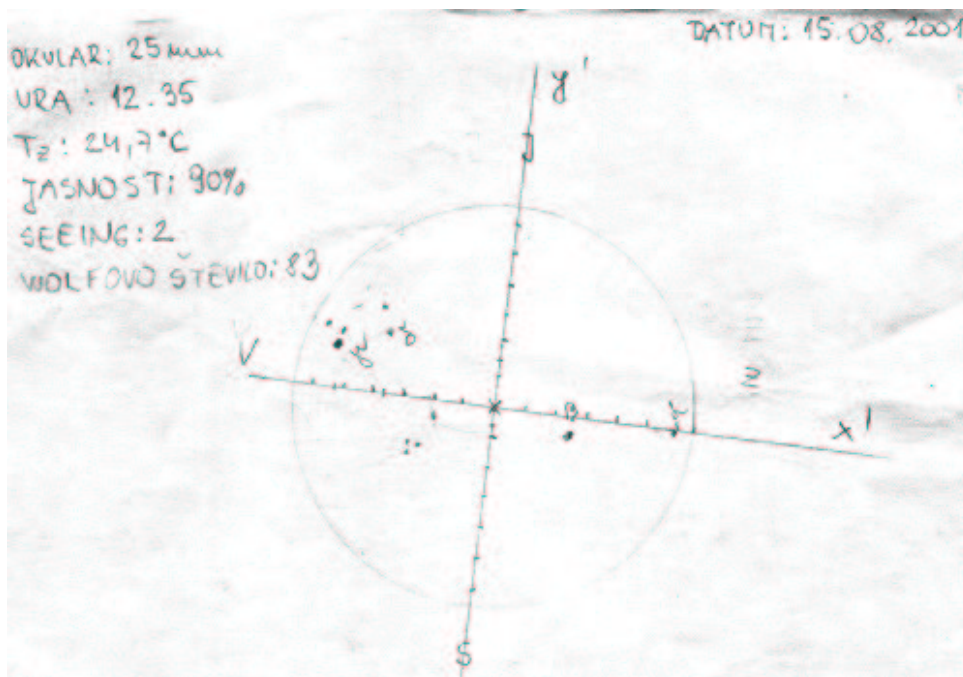
### 11.3.1 Kaj opazujemo na Soncu?

Sončeve pege, granule, bakle, izbruhe, protuberance.

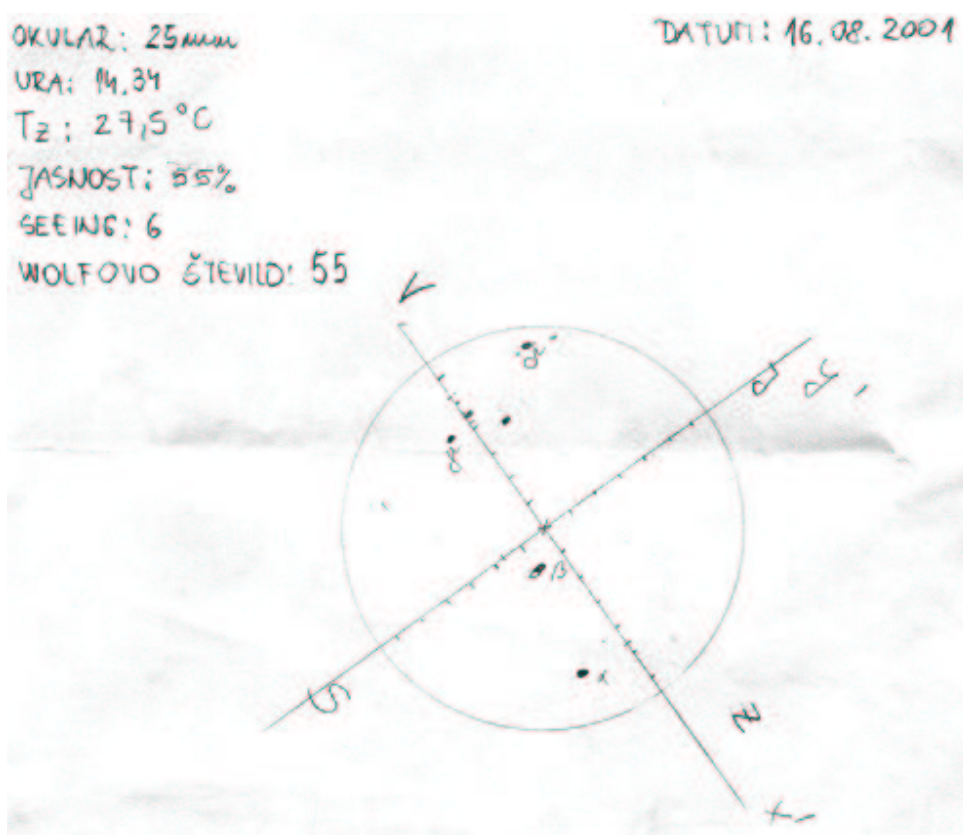
Midve sva opazovali sončne pege.



Slika 11.4: Risba Sonca 14.8.2001.



Slika 11.5: Risba Sonca 15.8.2001.



Slika 11.6: Risba Sonca 16.8.2001.

### 11.3.2 Nekaj o Sončnih pegah

Preden začnemo s sistematskim štetjem peg, se moramo odločiti za način opazovanja. Na izbiro imamo dve metodi: neposredno opazovanje s pomočjo posebnih filtrov za Sonce in opazovanje projekcije Sonca na zaslon. Midve sva si izbrali metodo projekcije sonca na zaslon. Za tak način opazovanja sva potrebovali trden zaslon, ki je bil pritrjen na teleskop. Ker sonce potuje po nebu, sva morali zaslon stalno premikati, kar je tudi precejšnja nevšečnost pri opazovanju.

### 11.3.3 Priprava na opazovanje

Ker sva opazovali sončne pege kar štirikrat, sva se odločili, da bo najbolje, če bova uporabili vedno enako opremo. Okular teleskopa izberemo tako, da dobimo na zaslonu celo sliko Sonca. Midve sva si izbrali 25 mm okular.

Na zaslon sva pritrdili bel list papirja (brez napak na površini), na katerega sva narisali krog s premerom približno 7 cm. List papirja moramo opremiti z nekaterimi rubrikami: datum in ura opazovanja, okular, Wolfovo število, vremenske pogoje, temperaturo zraka, seeing in ne smemo pozabiti določiti smeri neba.

#### Wolfovo število

Pojave v vidnem delu spektra, katere se dogajajo v Sončevi fotosferi lahko stalno spremljamo in jih lahko izrazimo kot indekse Sončeve aktivnosti. Ti so: Wolfovo število, število in površina bakel, ter površina peg.

Kako se računa Wolfovo število? Enačba se glasi :

$$Z = k(10s + p)$$

$s$  ... število skupin peg

$p$  ... število vseh peg

$k$  ... koeficient

#### Seeing

Pri določanju seeinga si pri opazovanju Sonca pomagamo z videzom njegovega roba. Za izredno slab seeing (6), srednje dober (3) in zelo dober seeing (2).

### 11.3.4 Opazovanje

Risanje peg sva delili v dve fazi. Najprej sva s svinčnikom označili mesta večjih skupin peg, tako, da sva označili največje pege. Nato manjše pege v posamezni skupini, na

koncu sva narisali še vse ostale pege in pazili, da nisva spustili niti najmanj vidne pegice. Po končanem risanju, za večjo gotovost, si lahko pege natančneje ogledamo še pri večji povečavi.

Teleskop smo izključili in tako po premiku sonca določili smer vzhod-zahod. Na koncu moramo pogledati, da na listu ni nobene packe.

### 11.3.5 Kaj so Sončeve pege?

Sončeve pege so najpogostejše pojave na soncu. Posledica je nekaj lokalnih magnetnih polj v fotosferi. Temperatura peg je nižja za približno 1500°C od fotosfere. Ko pege pridejo na dimenzije preko 40.000 km, se lahko z Zemlje vidijo tudi brez optičnih pripomočkov.

Pege se najpogosteje pojavljajo v skupinah ali lahko pa se pojavijo tudi posamezno.

#### Meritve

Spodaj so meritve koordinat Sončevih peg:

$$\alpha_1(29, -21), \alpha_2(30, -1), \alpha_3(23, -18)$$

$$\beta_1(15, -16), \beta_2(13, -3), \beta_3(5, -5)$$

$$\gamma_1(-18, 15), \gamma_2(-27, 8), \gamma_3(-21, -5)$$

$$\delta_1(-14, 18), \delta_2(-19, 9), \delta_3(-26, 15)$$

### 11.3.6 Kotna hitrost oziroma obhodni čas Sonca

Iz premikov peg so ugotovili, da se Sonce vrti. Podobno kot na Zemlji je tudi na Soncu vpeljemo koordinatni sistem, s tem da imamo namesto Greenwicha Carringtonov meridian. Tako lahko določimo tudi koordinate peg. Upoštevati moramo da je vrtilna os sonca nagnjena in zato se morajo izračunati popravki koordinat po sledeči formuli:

$$x = x' \cos P + y' \sin P$$

$$y = x' \sin P + y' \cos P$$

Pozicijski kot  $P$  preberemo iz efemerid.

Da bi lahko izračunali kotno hitrost iz premikov peg 14., 15. in 16. avgusta moramo določiti heliografske koordinate. Lego točke na soncu določata heliografski koordinati: heliografska širina ( $B$ ) in heliografska dolžina ( $L$ ). Za preračun koordinat velja sledeča formula:

$$B = \arcsin \left[ \frac{y}{R} \cos B_0 + \frac{1}{R} \sin B_0 \sqrt{R^2 - (x^2 + y^2)} \right]$$

$$L = \arcsin \left( \frac{x}{R \cos B} \right)$$

Točke  $(x, y)$  so popravljene koordinate pege, medtem ko je  $R$  oddaljenost pege od središča ( $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ ). Vrednost  $B_0$  je začetna vrednost Caringtonovega meridiana in se mora dovolj točno interpolirati iz efemerid.

Šele zdaj se lahko izračuna kotna hitrost:

$$\omega = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1}$$

S številkami 1, 2 sta označeni heliografski dolžini 1. in 2. dne opazovanja, poleg tega pa moraš določiti čas, ki je pritekkel med 1. in 2. dnem ( $t_2 - t_1$ )

V naslednji tabeli so prikazane izračunane heliografske dolžine in širine peg ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ), ter kotne hitrosti za 14., 15. in 16. avgust 2001.

		pega $\alpha$	pega $\beta$	pega $\gamma$	pega $\delta$
1. dan	B	-17.42	-7.635	22.39	24.03
	L	17.68	8.211	-10.12	-6.47
2. dan	B	-1.51	-12.878	18.64	17.88
	L	24.08	9.35	-18.76	-12.396
3. dan	B	-13.36	-0.728	7.238	24.37
	L	23.397	2.77	-17.79	-15.66

$\Omega_1 = 7,15$  /dan ; za pego  $\alpha$

$\Omega_2 = 0.63$  /dan ; za pego  $\alpha$

$\Omega_1 = 1.32$  /dan ; za pego  $\beta$

$\Omega_2 = 6.08$  /dan ; za pego  $\beta$

$\Omega_1 = 9.65$  /dan ; za pego  $\gamma$

$\Omega_2 = 0.90$  /dan ; za pego  $\gamma$

$\Omega_1 = 6.62$  /dan ; za pego  $\delta$

$\Omega_2 = 3.01$  /dan ; za pego  $\delta$

Meritve niso bile popolnoma točne, ker je bil premer projeciranega Sonca premajhen.

### 11.3.7 Zahvala

Na tabor sva prišli z namenom, da bi se naučili nekaj več teorije o astronomiji. Imeli sva super potrpežljive mentorje, še posebej Tomaža Pusta, tako da sva iz tega tabora odnesli veliko znanja in lepih trenutkov.

Še enkrat se vsem skupaj zahvaljujema in se vidimo naslednje leto!

### 11.3.8 Literatura

Zoran Tanasijević: *Kako posmatrati sunce.*

Marko Pust: *Naloge in projekti.*

*Spika*, september 1998.



## 11.4 Sončeva aktivnost

*Stane Slavec*

### 11.4.1 Določanje Wolfovega števila

Pojave v vidnem delu spektra, kateri se dogajajo v Sončevi fotosferi lahko stalno spremljamo in jih izrazimo kot indekse Sončeve aktivnosti. Ti pojavi so: Wolfovo število, število in površina bakel, ter površina peg.

Wolfovo število je torej eden od pokazateljev Sončeve aktivnosti. Prvi ga je vpeljal švicarski astronom Rudolf Johan Wolf (1816–1893). Ta je ugotovil, da se število peg — temnih madežev na Sončevi ploskvi — spreminja v povprečnem obdobju okoli 11 let.

Wolfovo število je relativni pokazatelj Sončeve aktivnosti. Izračunamo ga s pomočjo sledeče enačbe:

$$Z = k(10s + p)$$

$s$  ... število skupin peg,  $p$  ... število vseh peg,  $k$  ... koeficient

Teoretično je W-število ( $z$ ) enako vsoti števila skupin peg ( $s$ )  $\times 10$  in številu vseh peg ( $p$ ).

Primer: če je na Sončevi ploskvi ni nobene pege je  $z = 0$ , če je ena sama pega je  $z = 11$ . V kolikor pa smo na primer na Sončevi ploskvi smo opazili 48 peg v 4 skupinah je  $z = 4 \times 10 + 48 = 88$

### Opazovanje in risanje peg

Najprimernejši čas opazovanja je pred poldnevom ( $11^h$ –  $14^h$ , SEPC) Teda najlaže določimo podrobnosti v fotosferi in je deformacija Sončeve plošče najmanjša.

Instrumenti:

Teleskop refraktor  $d = 60$  do  $80$  mm,  $f = 700$  mm, okular:  $15$  do  $25$  mm z vodeno montažo. Projekcijska naprava z zaslonom in z zaščito zaslona s strani proti zunanji difuzni svetlobi. Izberemo tak okular, ki ima pri trenutnih atmosferskih pogojih najboljšo sliko

Za risanje uporabimo bel papir brez napak na površini Premer projekcije Sončeve ploskve naj bo ca  $100$  mm. Če imamo sliko premera  $114$  mm, potem je  $1s$  heliografske širine oz. Dolžine točno  $1$  mm.

### Risanje peg na šablono — zaslon

1. premer šablone  $D$  v cm določimo po sledeči formuli:  $D = u \times (a - f)/100$ ;  $u$  = povečava teleskopa,  $f$  = goriščna dolžina teleskopa v cm,  $a$  = oddaljenost zaslona od okularja v cm premer šablone ne sme biti večji od  $2 \times$  premera objektiva.
2. šablono moramo napisati sledeče podatke:

- datum,
  - ura opazovanja,
  - instrument,
  - temperatura zraka,
  - oblačnost,
  - seeing (vidljivost).
3. Najprej s svinčnikom označimo mesto skupin peg,
  4. Narišemo manjše pege obris plosence in senco počrnimo
  5. Rob Sonca se mora popolnoma pokrivati z robom šablone
  6. Za risanje uporabimo mehak oster svinčnik
  7. Za lažjo orientacijo, pogledamo na že narisano sliko Sončevih peg.
  8. Med opazovanjem ne smemo tresti teleskopa.
  9. Pri slabih vremenskih pogojih zaslon približamo okularju, da vidimo podrobnosti nato damo zaslon na prvotno razdaljo in vrišemo te podrobnosti.

### Korekcija števila $z$

Gornja enačba velja za idealne pogoje, ker pa so ti odvisni od zunanjih dejavnikov moramo št.  $z$  popraviti.

1. korekcija  $K_1$  je ločljivost teleskopa. Velja, večji je premer objektiva teleskopa ( $d$ ) več peg vidimo. Posebno je ta korekcija pomembna pri manjših teleskopih, ko je ločljivost manjša kot jo omogoča turbulenca ozračja.  $K_1$  je tem večji čim manjši je premer objektiva teleskopa. Določeno je:  $K_1 = 1$ , za  $d = 80$  mm. Za ostale teleskope glej krivuljo.
2.  $K_2$  je korekcija seeinga — turbulenca ozračja. Določimo ga med risanjem peg. Ima 6 stopenj. 1. stopnja so idealni pogoji, 6. stopnja so zelo slabi pogoji ko peg zaradi migotanja ne vidimo. Tabela:

Opazovalni pogoji Stopnja-ocena	$K_2$
a.	0,01
b.	0,03
c.	0,05
d.	0,07
e.	0,09
f.	0,11

3.  $K_3$  je korekcija prosojnosti ozračja. Določimo ga iz tabele na osnovi opazovanja posameznih oddaljenih predmetov v naravi.

stanje ozračja	vrednost K3
jasno-čisto	0,00
rahla meglica	0,01
meglica	0,02
gostejša meglica	0,03
megla-oblaki	0,04

### Izračun Wolfovega števila

- preštejemo število skupin peg ( $s$ )
- preštejemo vse pege na sliki ( $p$ )
- določimo K2, in K3
- za opazovalni teleskop je K1 vedno isti

$$z = (K1 + K2 + K3) \times (10s + p)$$

Primer: teleskop  $d = 60$  mm,  $s = 4$ ,  $p = 38$ . Iz grafa odčitamo  $K1 = 1,2$  iz tabel dobimo  $K2 = 0,05$ ;  $K3 = 0,01$ ;

$$K = 1,2 + 0,05 + 0,01 = 1,251;$$

$$z = 1,251 \times (4 \times 10 + 38) = 97,6 \approx 98$$

Korekcijski faktor je zelo pomemben pri aktivnem Soncu ( $z > 100$ ).

### Napake pri določanje Wolfovega števila

Najpogosteje se zmotimo pri določanju števila skupin peg, posebno pri zelo veliki aktivnosti sonca. Pri določanju nam pomaga Zuerich-ška klasifikacija skupin peg. Za naše potrebe zadoščajo 3 glavne skupine peg:

- Unipolarne
- Bipolarne
- Multipolarne

Unipolarne skupine peg tvorijo posamezne pege ali manjše skupine peg, ki se nahajajo na majhni površini Sonca, lahko tudi z lepo izoblikovano polsenco.

Bipolarne skupine pege so sestavljene iz dveh ločenih skupin, ki so vsaka posebej podobni unipolarnim v smeri Sončevega ekvatorja ( $V - Z$ ). Med obema skupinama so manjše posamezne pege, ki jih imamo prišteti tej skupini. Bipolarne skupine imajo več 10 peg. Največje skupine so obdane s polsenco. Prav obsežne bipolarne skupine delajo največ težav, ker lahko posamezne dele skupine označimo kot dve skupini, kar poveča Wolfovo število za 10.

Multipolarne skupine poznamo po njihovi velikosti in neurejeni strukturi. So zelo redke saj predstavljajo le okoli 1% vseh peg.

Iz vseh dnevnih meritev izračunamo povprečje in narišemo krivuljo. Svoje podatke lahko primerjamo z rezultati Observatorija iz Katanije. <http://w3.ct>

**Opazovanje Wolfovega števila za 14., 15. in 16. avgust 2001**

	1. dan	2. dan	3. dan
Wolfovo število	88	83	55

Tabela 11.2: Opazovanje Wolfovega števila za 14., 15. in 16. avgust 2001

## 11.5 Luna

*Jože Mužerlin — Divja svinja bradavičarka, Tomaž Pust (mentor), Stane Slavec (mentor)*

### 11.5.1 Uvod

Luna je nam najbližje veliko zunajzemeljsko telo. Je prvi naravni satelit na katerega je stopila človeška noga. Sicer je na prvi pogled “dolgočasna stvar na nebu”. Toda vseeno je o njej znano veliko zanimivih stvari:

- velikanski kraterji
- njen nastanek
- njen vpliv na Zemljo
- njena zgradba. . .

### 11.5.2 Fizikalni pogoji

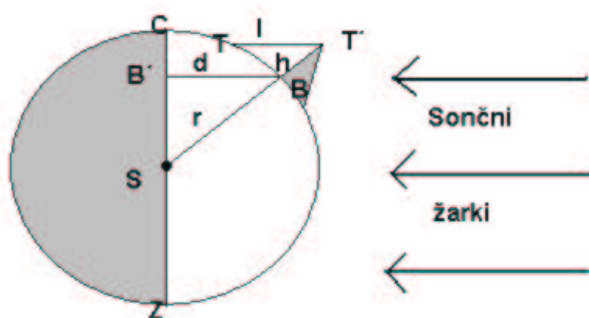
Na Luni ne opazimo oblakov ali najmanjše meglice, ker nima vode in atmosfere. Na njej ni zraka, zato tudi ni zvoka. Nima atmosfere, ki bi omehčala sončne žarke in jo zaščitila pred potoki mikrometeorjev.

### 11.5.3 Relief Lune

Že od časa Galilea sestavljajo karte nam vidnega površja Lune. Temna območja na površini imenujemo morja, čeprav tam ni vode, so pa to nižinski predeli podobni morjem. Večji del Lune pa sestavljajo velika gorata območja (do višine 9 km). Večina gor je kolobarjaste oblike, ki obdajajo okrogle ravnine, imenovane cirki. Kraterji pa so cirki manjše dimenzije.

### 11.5.4 Kraterji

Velikanske kraterje so naredili veliki meteorji, ki so padali na Lunino površje. Kraterji so dobro vidni ob času polne Lune. Takrat je tudi dobro viden krater Tycho s premerom 60 km. Ti kraterji so lepo vidni, kadar ležijo v bližini terminatorja. Tedaj kraterji, ki jih osvetljuje sonce, mečejo dolge sence. S pomočjo teh senc lahko izmerimo višino kraterja. Za določanje višine kraterja obstaja več metod; najlažja je ta, ko je vidna polovica Lune.



$\overline{TT} = l \dots$  dolžina sence (mm)

$\overline{BB} = d$

$\overline{TT} = l \dots$  dolžina sence (mm)

$\overline{BB} = d \dots$  dolžina stene kraterja od terminatorja (mm)

$\overline{SC} = r \dots$  polmer Lune (mm)

$\overline{BT} = h \dots$  višina kraterja (mm)

Trikotnika  $SBB$  in  $TBT$  sta enakostranična, zato je:

$$\frac{d}{r} = \frac{l}{h} \implies h = \frac{dl}{r}$$

Izražanje višine v metrih.

$r$  mm ... 1738 km

1 mm ...  $x$

$$x = \frac{1738 \times 1000 \text{ m}}{r}$$

In osnovna enačba je:

$$h = \frac{dl}{r} \cdot \frac{1738 \times 1000 \text{ m}}{r}$$

### 11.5.5 Geologija Lune

Raziskovanje Luninega površja in izvora je zanimivo tudi za geologijo. Njeno površje se je ohranilo, saj ni vetra ali vode, ki bi ga rušila. Toda Luna ni povsem mrtev svet. V kraterju Alfonz včasih opazijo vulkanske pline, ki prihajajo iz Lunine notranjosti. Luna ima tudi tektoniko, saj so na površju vidne črte, ki nam odkrivajo premikanje plasti. Na Luni so tudi osnovne etape tvorbe gor iz daljne preteklosti. Preiskava kamnin je ugotovila Lunino starost 4,5 milijarde let. Na njej so radioaktivni elementi, ne pa magnetno polje in radiacijski pasovi.

### 11.5.6 Zaključek

Luna nam je vedno bila kot hlebec sira, samo dobro je treba pogledati in izveš skoraj vse. Žal na Luni ni pogojev za življenje, je pa še vseeno zanimiva za raziskovanje. Upam, da bomo o njej izvedeli še veliko.

Žal so se slike, ki smo jih posneli, ponesrečile, zato nisem mogel izračunati višine kraterjev. Drugače je ta tabor super in nič kaj dolgočasen.

### 11.5.7 Literatura

*Astronomija za srednje šole.*

*Iayc90.*

## 11.6 Masa Jupitra

*Matej Drašler, Tomaž Pust (mentor), Stane Slavec (mentor)*

### 11.6.1 Uvod

Vsekakor je to najtežja naloga v splošni skupini. Lotil pa sem se je zelo zagnano.

Vsako noč sem s teleskopom opazoval Jupiter in ga med drugim tudi fotografiral. Pri fotografiranju sem uporabljal različne okularje (18 mm, 25 mm, 40 mm) in različen čas fotografiranja. Ti časi so 1/30 sekunde, 1/60s, 1s, 3s, 6s... do 12-ih. Vendar pri vsakem fotografiranju nisem vedel ali bo slika uspela, kajti treba jih je bilo še razviti. Zato s filmom nisem skoparil.

Pri opazovanju sem se zelo ukvarjal z lego jupitrovih lun, ki so opazne (Io, Evropa, Ganimed in Kalisto). Vsako noč sem njihovo lego tudi približno narisal, kajti to so bili zelo pomembni podatki pri računanju jupitrove mase. Kasneje bom vse malce bolj podrobno opisal.

Če se vrnem k fotografiranju, naj povem, da slike niso najbolj uspele. Samo Jupiter sem fotografiral okoli 10×in od tega jih je bila vsaj polovica uničenih. Morda zaradi mene, ker sem to delo opravljal prvič, morda tudi zaradi našega razvijalca slik (!), poznamo pa tudi druge razloge. Že pri negativih sem ugotovil, da so bile najlepše slike posnete pri 18 mm okularju in pri dolžini fotografiranja 9 ali 10 sekund. Pri 40 mm okularju sta uspeli dve sliki pri času šestih sekund, pri manjšem času slike niso uspele, ker je bilo premalo osvetljeno. Tudi pri 18 mm okularju in času manj kot 9 sekund slike ne bodo uporabne.



Slika 11.7: Jupiter, 14.8.2001 ob 2:50 UT, okular 40 mm, čas osvetljevanja 6 s. Foto: Stane Slavec, Tomaž Pust, Matej Drašler.

Nekaj slik, ki sem jih posnel z novim filmom, še ni bilo razvitih, zato tudi tu ne vem ali bodo uspele.



### 11.6.2 Merive in računanje

Pri opazovanju in risanju leg jupitrovih lun sem dobil naslednje rezultate:

	Io	Evropa	Ganimed	Kalisto
14.8.2001	1, 8	3, 35	4, 75	-11, 25
15.8.01	-2, 35	2, 85	-1, 03	-8, 16
16.8.01	2, 8	-4, 25	-6, 4	-3, 73
17.8.01	-2, 9	-1, 12	-7, 1	1, 05

Tabela 11.3: .

]V tabeli so navedene oddaljenosti Jupitrovih satelitov, ki so podane v enotah premera Jupitra [j.p.].

S pomočjo teh podatkov sem narisal graf ter določil največjo amplitudo satelitov in periodo. Rezultati so podani v tabeli 11.4. Nato sem se s pomočjo enačbe:

$$M'_j = M_{\odot} \cdot \frac{\left(\frac{a}{a_z}\right)^3}{\left(\frac{t_p}{t_z}\right)^2} \quad (11.1)$$

lotil računanja. Pravzaprav sem uporoabil preprostejšo enačbo :

$$M_j = \frac{a^3}{t_p^2} \quad (11.2)$$

Kjer je  $M_j$  masa Jupitra v izražena v enotah Sončeve mase,  $a$  je oddaljenost satelita v astronomskih enotah ( $a_z$ ) in  $t_p$  obhodni čas satelita izražen v letih. V enačbi (11.1) je namreč  $t_z$  obhodni čas Zemlje okoli Sonca, kar je ravno eno leto.

Rezultati, ki sem jih dobil so torej zbrani v tabeli 11.4: V zgornji tabeli je masa Jupitra

	Io	Evropa	Ganimed	Kalisto
$a$ [j.p.]	2.95	4.64	7.4	13
$t_p$ [dni]	1.7	3.5	7.15	16.7
$M_j$	340	315	304	302

Tabela 11.4: Rezultati meritev. Iz prve in druge vrstice, ter s pomočjo enačbe (11.2) sem izračunal maso Jupitra, ki je podana v tretji vrstici.

izražena v Zemljinih masah. Povprečje meritev je :

$$M_j = (315 \pm 17) \cdot M_z = 315 \cdot (1 \pm 0.06) \cdot M_z$$

Maso Jupitra je torej po najinih meritvah  $315\times$  večja od mase Zemlje, pri čemer je statistična napaka 6%. Dejanska napaka pa je mogoče večja, saj sem imel le štiri meritve, skozi katere sem potegnil krivuljo.

## 11.7 Opazovanje spremenljivk

*Marko Pust*

Ne tako zelo aktivna udeležba na taboru, mi je omogočila malce več prostega časa v nočnih urah, ki sem ga — jasno in z veseljem — izkoristil za opazovanje spremenljivk. Vreme lepo dovolj opreme, kaj več še hočemo.

Prvo noč je imel zanimiv minimum eklipsna spremenljivka AI Dra, vendar nisem imel pripravljenih kart. Zato sva z Nikom pregledala kaj zanimivega je še tam gor. Po krajšem iskanju sva se odločila za BD Andromende, eklispno spremenljivko tipa  $\beta$  Lire, s pripombo, da gre lahko tudi za sistem eliptičnih zvezd. Drugo noč je bil na sporedu TV Cas skupaj z klasičnim repertoarjem: R Crb, EG And, WZ Cas... Vendar je neprespana noč in utrujenost naredila svoje... Nič, bo drugič bolje.

Tretja noč — moja priljubljena zvezda, moja radost in veselje: RZ Cas. Nisem je opazoval vsaj dve leti. Fantastično dvozvedje z padcem sija za magnitudo in pol v dobrih dveh urah. Pravi cukercček... Noč jasna, ne preveč dobra, ampak vseeno.

### 11.7.1 BD Andromende

Kot rečeno BD And je eklipsna spremenljivka, za katero je v GCVS definiran dvojni tip: EB/KW. EB je oznaka za spremenljivke tima  $\beta$  Lyr — za masivne kontaktne sisteme, ki so tako blizu skupaj, da sta obe zvezdi elipsoidne oblike. Včasih se zgodi, da zvezdi niti ne prekrivata. Do spremembe sija prihaja samo zaradi elipsoidnih oblik zvezd. Z KW so označeni kontakti sistemi tipa W Uma, z elipsoidnimi komponentami spektralnega tipa F0, K. Primarna komponenta je zvezda glavne veje HR diagrama, medtem ko sekundarna leži malce levo spodaj glede na glavno vejo. Toliko o BD And v GCVS-ju.

Osnovne značilnosti BD And

	$m_{max}$	$m_{min}$	perioda	Koordinate (2000)	Epoha	spekter
BD And	11.3	11.7	0.4629023	230705.2 + 505731	2434962.400	F8

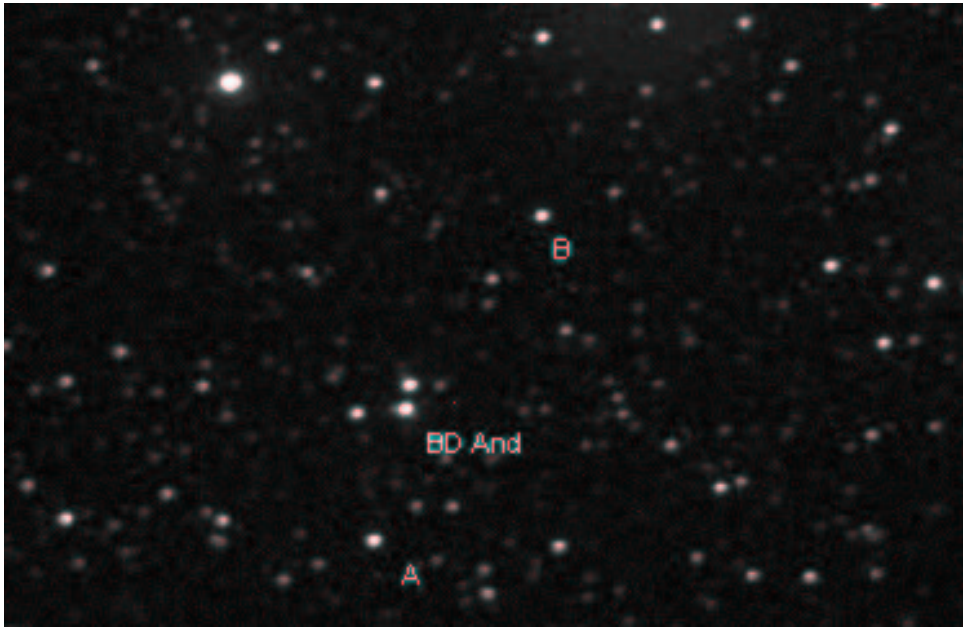
Tabela 11.5: Osnovne značilnosti spremenljivke BD And. Pripomniti je potrebno, da je podatek za sij fotografski.

### Opazovanje

In sedaj: opazovanje. Uporabili smo Primoževega MEADa z fokalnim reduktorjem in ST-6 CCD kamero. Pred kamero nismo postavili nobenega filtra. Začeli smo malce pred polnočjo. Najprej fokusiranje, nato serija slik z različnim osvetlitvami. Odločili smo se za 60 sekundne ekspozicije, signal zvezde je bil nekako na tretjini vrednosti maksimalnega signala. Nato sledi serija tako imenovanih “dark frame”-ov, s katerimi na koncu popravljamo šum kamere.

Ob polnoči se začne. Za zajem slike uporabljamo program program MaximDL. Nastavim

na 200 minutnih posnetkov in avtomatike dela svoje. Počasi in zanesljivo se posnete slike pretočijo v računalnik, shranijo na disk. . . Bit za bitom, slika za sliko. . . Vsake toliko časa je treba le pogledati kako dela vodenje teleskopa in po potrebi popraviti. Precej dolgočasno, če sem iskren.



Slika 11.8: Eno od 165-tih posnetih slik. Uporabljene primerjalne zvezde so ozančene z A in B.

Okoli pol petih je že preveč svetlo za opazovanje — čeprav se zvezde še vidijo na zaslonu. Zato počasi nehamo. Naredili smo 165 posnetkov, več kot dovolj. Potrebno je posneti še nekaj “dark framov” in ravno polje kamere ( flat field ) ter jasno še bias. Ob pol šestih je že dovolj svetlo za posnetke ravnega polja. Niko usmeri teleskop na vzhod in narediva deset posnetkov.

Hudič v meni ne da miru in na mesto na spanec se lotiva še obdelave meritev. Prva stopnja obdelave poteka v MaximDL-ju. Od surovih posnetkov moramo odšteti temni tok in korigirati ravno polje in napako čitanja ( bias ). Zopet je vse avtomatsko, vendar računalnik kar nekaj časa melje. . . Nato še težave pri shranjevanju. . . Drugi del naloge opravi program EZPhot — program, ki avtomatsko dela aperturno fotometrijo.

Zelo uporaben program, na “roko” bi potreboval leto in pol, če bi želel obdelati meritve. Odpremo sliko, označimo tri zvezde: spremenljivko in dve primerjalni. Program nato sam odpre ostale slike, sam poišče te tri zvezde in naredi aperturno fotometrijo. Rezultat obdelave so instrumentalni vseh treh zvezd ter heliocentrični julijanski datum. No ampak kot za ostale podobne stvari v življenju, tudi tu velja angleški rek “to good to be true”. Če so slike stresene ali zvezde razmazane ima EZPhot težave pri prepoznavanju, zato da včasih čudne rezultate.

No vseeno pa vidiva, da smo dobili krivuljo in da je dokaj dobra. Čas je za spat.

## Obdelava meritev

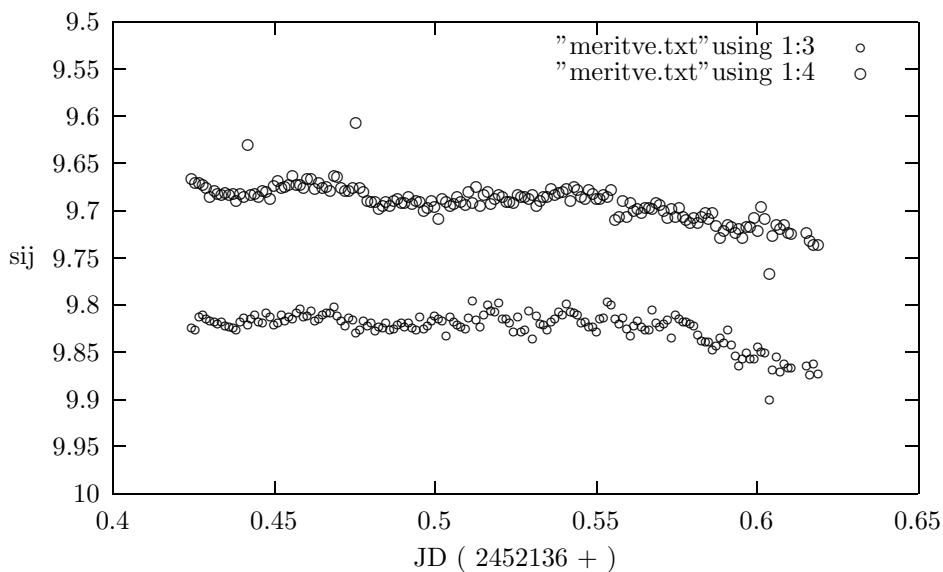
Obdelava meritve je zanimivejši del opazovanja s CCD kamero, ali pa napornejši če že hočete. Skratka potek je sledeč: MaximDL iz surovcev naredi prave CCD slike, ki jih nato pošljemo EZPhotu. EZPhot naredi avtomatsko fotometrijo, in praktično so že skoraj na koncu. Že prej sem omenil, da EZPhot dela aperturno fotometrijo. Program glede na velikost zvezde — predvidevam, da si pomaga z Gaussovo funkcijo — izbere velikost zaslonke ( $A_{ap}$ ) in prešteje vse vrednosti pixlov znotraj ( $N_{ap}$ ). Za izračun instrumentalne magnitude potrebujemo še povprečno vrednost neba na pixel ( $S_{sky}$ ) in čas ekspozicije ( $t_{exp}$ ). Instrumentalna magnituda je definirana kot:

$$m_i = -2.5 \log \frac{N_{ap} - A_{ap} S_{sky}}{t_{exp}} \quad (11.3)$$

Kot že rečeno: teorija je eno praksa drugo. V praksi moramo EZPhot pognati trikrat, štirikrat. Mogoče si izberemo druge pare zvezd... Običajno se zgodi da na kakšnem posnetku ne najde zvezde, na drugem najde dve ali več. Zato moramo pregledati vse takšne posnetke, jih bodisi zavreči ali smiselno uporabiti meritve.

To delo mi je vzelo kar nekaj časa, kajti pregledati je treba vse meritve. Čeprav je bilo kar nekaj dela, se je na koncu izkazalo da so vsi posnetki dobri. EZPhot je na kakšnem posnetku našel malce več zvezd. Zakaj, mi ni jasno. Rezultat v je v končni fazi serija instrumentalnih sijev spremeljivke ( $\{m_v^1, m_v^2, m_v^3 \dots m_v^{165}\}$ ), in obeh primerjalnih zvezd  $\{m_A^i, i = 1..165\}$  ter  $\{m_B^i, i = 1..165\}$  ter julijanski datum. EZPhot ima zelo lepo lastnost — pri julijanskem datumu že upošteva heliocentrični popravek.

Časovno odvisnost primerjalnih zvezd je prikazana na sliki 11.9. Časovno odvisnost !!!?. Načeloma bi pričakovali, da primerjalne zvezde konstanten sij; konec koncev smo jih zato tudi izbrali.



Slika 11.9: Potek sija primerjalnih zvezd. Opazimo, da se je sij manjšal proti jutru, kar pojasnimo s slabšimi opazovalnimi pogoji. Fluktuacije sija nam dajo neko informacijo o kakovosti meritve.

No ampak sij se spreminja. Vzrok za to so predvsem atmosferski pogoji, naključne fluktuacije, šum... Na sliki 11.9 se lepo vidi, da sij pada proti jutru. Zvezde počasi zahajajo in ekstinkcija naredi svoje. Zato moramo to upoštevati pri popravljenem instrumentalnem siju spremenljivke:

$$m_{vp}^i = m_v^i - m_B^i + konst. \quad i = 1..165 \quad (11.4)$$

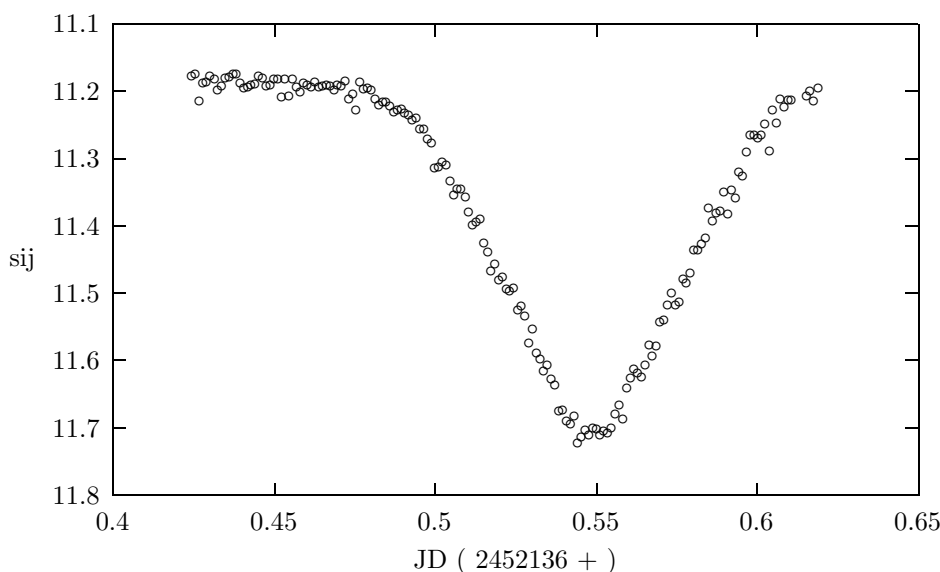
Konstanto si lahko izberemo poljubno, lahko je povprečna vrednost meritev =  $m_v^i$  ali kaj podobnega. Nekateri uporabljajo celo malce drugačne pristope:

$$m_{vp}^i = m_v^i - \frac{1}{2}(m_A^i + m_B^i) + konst. \quad i = 1..165 \quad (11.5)$$

S tem ko se izračuna povprečje primerjalnih se izboljša razmerje signal šum. Po mojih izkušnjah pa dve zvezdi ne prineseta nič bistveno novega. Mogoče, če bi vzeli tri ali več zvezd...

## Rezultati

Popravljen instrumentalni sij sem izračunal po enačbi (11.4) in časovna odvisnost sija je prikazana na sliki 11.10.



Slika 11.10: Svetlobna krivulja spremenljivke BD And 14/15 avgust 2001. Preseneča izredna podobnost s spremenljivkami tipa EA. Glede na podatke, bi pričakovali popolnoma drugačen potek sija.

Nisem šel (še) računat trenutka minima ali drugih parametrov. Kar pa me je izredno presenetilo je oblika krivulje. Kot sem že omenil je spremenljivka tipa EB. Potek krivulje pa je karakterističen za ekliptične spremenljivke Algolovega tipa, torej EA. Čudno, po taboru bo treba še malce pobrskat po internetu in literaturi. Morda so v GCVS-ju stari podatki, morda smo odkrili nekaj novega. Kdo ve ?

### 11.7.2 RZ Kasiopeje

Rz Kasiopeje je zelo svetla spremenljivka, zato je izredno primerna za opazovanje z binokularji. Ne bom na dolgo in široko opisoval kako in zakaj sem opazoval ( to poročilo je že tako ali tako predolgo ), povem naj le, da sem zvezdo opazoval v noči z 16 na 17 avgust 2001. Uporabljal sem binokular 7x50, sij sem ocenjeval malo z Argelandovo malo s Pickeringovo metodo, pač odvisno od razlike sija med primerjalnimi zvezdami. Več o RZ Cas je zbrano v tabeli 11.6.

Osnovne značilnosti RZ Cas						
	$m_{max}$	$m_{min}$	perioda	Koordinate [1950]	Epoha	spekter
RZ Cas	$6.15^m$	$7.72^m$	1.195247	024422.8 + 692533	2443200.3063	A2

Tabela 11.6: Osnovne značilnosti spremenljivke RZ Cas.

Opazoval sem približno štiri ure in meritve so zbrane v spodnji preglednici.

Meritve	Sij [ $^m$ ]	čas [ UT ]	JD
A 2 V 2 C	6.30	20:15	0.3438
A 3 V 1 C	6.47	20:25	0.3507
A 5 V 5 D	6.51	20:36	0.3583
C 1 V 2 D	6.82	20:46	0.3653
C 3 V 2 G	7.05	20:56	0.3722
C 6 V 4 I	7.23	21:11	0.3826
C 8 V 2 H	7.29	21:20	0.3889
G 1 V 3 J	7.53	21:29	0.3951
G 2 V 3 J	7.65	21:32	0.3972
G 2 V 3 J	7.65	21:39	0.4021
H 1.5 V 3 J	7.67	21:40	0.4028
H 2.5 V 7.5 I	7.49	21:48	0.4083
D 1.5 V 2 I	7.30	21:55	0.4132
C 2 V 3 I	7.03	22:10	0.4236
C 7 V 3 G	7.12	22:15	0.4271
C 2 V 3 G	6.92	22:26	0.4347
C 4 V 6 D	6.81	22:34	0.4403
C 2 V 8 D	6.72	22:45	0.4479
A 3 V 4 D	6.43	22:55	0.4549
A 8 v 2 C	6.50	23:04	0.4611
A 7 V 3 C	6.43	23:16	0.4694
A 5 V 5 C	6.30	23:30	0.4792
A 4 V 6 C	6.23	23:39	0.4854
A 4 V 6 B	6.19	23:40	0.4861
A 4 V 6 C	6.23	23:44	0.4889

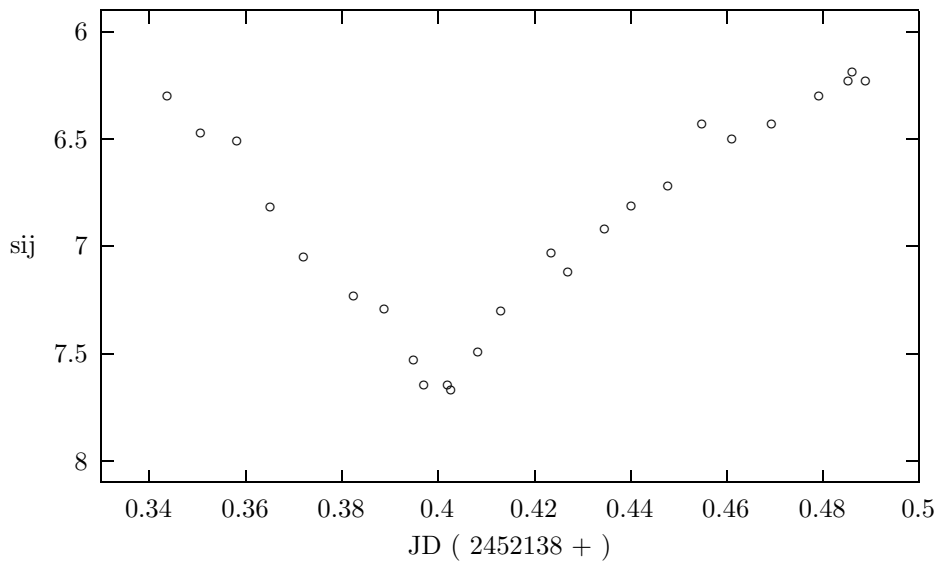
Primerjalne zvezde sem izbral s pomočjo Guida, in sicer sem izbral vizualni sij z Johansonovim filtrom in Tychovega kataloga. Samo siji so zbrani v tabeli 11.7.

Primerjalna	Sij	PPM <sup>1</sup>
A	5.95	13771
B	6.54	5023
C	6.64	13752
D	7.06	13819
F	7.27	13625
G	7.33	13770
H	7.45	13973
I	7.62	13807
J	8.12	13783

Tabela 11.7: Siji primerjalnih zvezd, ki sem jih uporabil pri meritvi

## Rezultati

Tudi za RZ Cas nisem imel bog ve kaj dosti časa. Tabor pač... No eno je jasno, napovedan minimum je bil ob 21:09 UT. Moje meritve pa kažejo na to, da je bil maksimum morda kakšnih 10 minut kasneje.



Slika 11.11: Potek sija eklipsne spremenljivke RZ Cas v noči 17/18.8.2001.

Ampak... Zopet nisem izračunal minima, niti bolj detaljno analiziral meritve. Čas bo pokazal kaj je res in kaj ne.

Do naslednjega leta...

Mare





# Poglavje 12

## Epilog

Še en tabor je pri koncu. Kdo bi jih štel — triindvajseti, petindvajseti ? Kdo ve ? Nekaj pa vem — letošnji tabor je tretjič zapovrstjo v kraljestvu Velikga medveda. Ni se dosti spremenilo od mojega zadnjega obiska, osebje prijazno, hrana odlična in Urso minorja nad vhodnimi vrati še niso pojedli molji. . . Skratka, dom Medved je zgodba zase — ne bom preveč hvalil, ker bo izgledalo kot da nakladam — ampak še pridemo.

Udeleženci zagreti, eni bolj drugi manj, ampak vsi OK. To je pravzaprav njihov tabor, njihova fešta. Trenutku primerno se na mojem ThinkPadu vrti Balašević:

*. . . odlazi cirkus in našega malog grada  
Širokim drumom, što izlazi na most  
Odlazi cirkus i ja se pitam sada  
Ko je domačin a ko je bio gost. . .*

Udeleženci pišejo poročila, upam da bo kakšno končalo tudi pri meni. Kako je potekalo delo na taboru? Imeli smo štiri skupine: Dunjini meteorci so največ opazovali. Primož je vodil astrofizikalce — največja skupina, ukvarjali so se z marsičem. Igor je kot običajno skrbel za astrofoto, Tomaž in Stane pa sta se ukvarjala z vsem po malem. Temu običajno pravimo Splošna skupina. Potem pa sva še tu dva stara borca. . . *I tužni pajac što bio vam je drag. . .* Niko in jaz — ne mentorja ne udeleženca. No imela sva nekaj predavanj in pomagala kjer je bilo potrebno.

Vreme je bilo idealno. Jasno kadar je bilo potrebno in oblačno, ko je bilo potrebno pisati poročila. Skratka, tabor je bilo dober. Tudi zabave ni manjkalo. Piknik je bil, po nekaj sušnih letih, spet skoraj tisti pravi, igrali smo nogomet, namizni tenis in tudi košarko, ampak s kakšnim vsesplošnim prvenstvom ni bilo nič. Žal. Pa mogoče drugič.

In na koncu zahvale, vseh ki so nam pomagali vsa ta leta in omogočili vse tabore do sedaj. Zveza organizacij za tehnično kulturo nas podpira vsa ta leta, in upam da bo še naprej tako. In še enkrat bi se zahvalil vsem zaposlenim v templju UMA: Darji, Vojku, Mariji in Domnu za odlično hrano, Fani za potrpežljivost, Klemnu in jasno partizanu. Brez njih ne gre.

*. . . nove pajace pronaći ćete lako,*

*jer drugi cirkus će doći u vaš grad...*

In na koncu udeležencem — brez vas tabora ne bi bilo.

Mejte se fajn,

*Mare*

# Literatura

- [1] Vladislav Vujnović : *Astronomija 1*. Školska knjiga Zagreb, 1989.
- [2] Zaharije Brkić, Branislav Ševarlić : *Opšta astronomija*. Naučna knjiga Beograd, 1981.
- [3] *IAYC report 1982*, IAYC Workshop astronomy 1983.
- [4] David H. Levy : *Observing Variable Stars*. Cambridge University Press, 1998
- [5] Muhamed Mumunović : *Pratična astronomija*. Univerzitetsko astronomsko društvo Sarajevo, 1982.
- [6] Jay M. Pasachoff : *Astronomy : From Earth to Universe*. Saunders College Publishing, 1993.
- [7] M. Krupińska-Winiarska: *Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego 1999*. Krakow 1998.
- [8] Berić, Frlež, Kovačić, Rabuzin, Tadej, Vršnak : *Astronomija, metode promatranje i proučavanja*, Narodna tehnika Hrvatske, Zagreb 1983.
- [9] Janez Strnad : *Fizika 1 - mehanika, toplota*, DMFA, Ljubljana 1984
- [10] James Muirden : *Sky Watcher's Handbook*, DMFA, Ljubljana 1984
- [11] Marko Pust : *Mladinski astronomski tabor "Medvedje brdo 1999"*, ZOTKS in ADJ, Ljubljana 1999
- [12] Kholopov, Samus', Kazarovets, Frolov, Kireeva, : *General Catalogue of Variable Stars*, Nauka Publ. House, Moscow 1990