

# Doświadczalne badanie właściwości optycznych teleskopu.

Remgiusz Pospieszyński  
II rok astronomii

Obserwatorium Astronomiczne  
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

12 kwietnia 2006

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
1.1	Rys historyczny . . . . .	3
1.2	Sposób wykonania doświadczenia . . . . .	3
1.3	Badane obiekty niebieskie. . . . .	3
<b>2</b>	<b>Wykorzystane wzory</b>	<b>4</b>
2.1	Opis wzorów . . . . .	4
2.1.1	Zdolność rozdzielcza . . . . .	4
2.1.2	Zasięg . . . . .	4
2.1.3	Pole widzenia . . . . .	4
2.2	Dyskusja błędów pomiarowych . . . . .	4
2.2.1	Zdolność rozdzielcza . . . . .	5
2.2.2	Zasięg . . . . .	5
2.2.3	Pole widzenia . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Specyfikacja badanego sprzętu</b>	<b>5</b>
3.1	Dane techniczne . . . . .	6
3.2	Rysunki . . . . .	6
3.2.1	Schemat stosowanego układu . . . . .	6
3.2.2	Zdjęcie badanego sprzętu . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Przeprowadzone badania</b>	<b>6</b>
4.1	Miejsce doświadczenia . . . . .	6
4.2	Zdolność rozdzielcza . . . . .	7
4.2.1	Część teoretyczna . . . . .	7
4.2.2	Część praktyczna . . . . .	7
4.3	Pole widzenia . . . . .	8
4.3.1	Część teoretyczna . . . . .	8
4.3.2	Część praktyczna . . . . .	8
4.4	Zasięg . . . . .	8
4.4.1	Część teoretyczna . . . . .	8
4.4.2	Część praktyczna . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Zestawienie wyników</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Podsumowanie i wnioski</b>	<b>9</b>

# 1 Wstęp

## 1.1 Rys historyczny

"Kosmos, ostateczna granica...". Te słowa od wieków inspirowały Człowieka do badania tego, co nie poznane. Ludzi przerażał i jednocześnie fascynował bezmiar Wszechświata. Początkowo do jego badania używali jedynie nie uzbrojonego oka, tworząc na niebie postacie mitycznych herosów, bogów, symboli. Jednak w miarę postępu cywilizacyjnego samo patrzenie w gwiazdy przestawało wystarczać. Wykonany przez Galileusza w 1609 roku pierwszy w historii teleskop zmienił całkowicie sposób pojmowania Kosmosu. Przez następne cztery stulecia udoskonalano teleskopy, by w XX wieku sięgnąć ku krańcom znanego Wszechświata.

Każdy teleskop posiada swoje parametry techniczne: ogniskową, średnicę soczewek oraz zwierciadła (jeśli takowe posiada). Wpływają one na zasięg, pole widzenia czy rozdzielczość. Właśnie te trzy ostatnie parametry były badane przez niestrudzonych studentów drugiego roku Astronomii w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (zwanym ongiś *Uniwersytetem Poznańskim*).

## 1.2 Sposób wykonania doświadczenia

W doświadczeniu zbadano trzy podstawowe parametry teleskopu: zasięg, pole widzenia oraz rozdzielczość. Urządzeniem jakie wykorzystano był teleskop typu Maskutova-Cassegriana (Rysunek 2). Refraktor był wyposażony w lunetkę celowniczą, mechanizm zegarowy, nie ograniczone mikroruchy w płaszczyźnie deklinacji i rektascensji oraz montaż paralaktyczny typu niemieckiego.

## 1.3 Badane obiekty niebieskie.

Tabela (1) przedstawia dane gwiazd podwójnych wykorzystanych do sprawdzenia zdolności rozdzielczej teleskopu.

Nazwa	RA	DEC	separacja
12 Lyn	6 <sup>h</sup> 46. <sup>m</sup> 2	59°27'	1.7''
α Gem	7 <sup>h</sup> 34. <sup>m</sup> 6	28°46'	2.3''
γ Leo	10 <sup>h</sup> 20. <sup>m</sup> 0	19°51'	4.4''
ζ CrB	15 <sup>h</sup> 39. <sup>m</sup> 4	36°38'	6.3''
β Cep	21 <sup>h</sup> 28. <sup>m</sup> 7	70°34'	13.0''

Tabela 1: Zestawienie gwiazd podwójnych

Do sprawdzenia pola widzenia został wykorzystany Saturn, natomiast do sprawdzenia zasięgu skorzystano z pomocy gromady  $M44$ .

## 2 Wykorzystane wzory

W celu obliczenia badanych wielkości wykorzystano szereg wzorów przedstawionych poniżej. Opis teoretyczny znajdziemy w sekcji *Przeprowadzone badania*.

### 2.1 Opis wzorów

#### 2.1.1 Zdolność rozdzielcza

Do obliczenia zdolności rozdzielczej skorzystamy ze wzoru:

$$\rho['] = \frac{0.1384}{D}, \quad (1)$$

gdzie  $D$  jest średnicą zwierciadła podawaną w  $[m]$ .

#### 2.1.2 Zasięg

W celu otrzymania zasięgu teleskopu (w magnitudo) posłużymy się następującym wzorem:

$$r[mag] = 2.1 + 5 \log D, \quad (2)$$

gdzie  $D$  jest średnicą zwierciadła podawaną w  $[mm]$ .

#### 2.1.3 Pole widzenia

Pole widzenia teleskopu da się wyznaczyć w następujący sposób:

$$W_T[^\circ] = \frac{w_0}{P}, \quad (3)$$

gdzie  $w_0 \cong 45^\circ$  - pole widzenia okularu, natomiast  $P$  - powiększenie dane wzorem  $P = \frac{d_{ob}}{d_{ok}}$ , gdzie  $d_{ob}$  - średnica obiektywu,  $d_{ok}$  - średnica okularu. W celu obliczenia pola widzenia z bezpośrednich obserwacji czasu przejścia obiektu przez całe pole widoczności (w naszym przypadku obiektem był Saturn) należy skorzystać ze wzoru:

$$P = 360^\circ \cdot \frac{t}{24^h} \cdot \cos \delta, \quad (4)$$

gdzie  $t$  - czas przejścia ciała przez pole widzenia,  $\delta$  - deklinacja ciała.

## 2.2 Dyskusja błędów pomiarowych

Jak wiadomo z kursu fizyki, każdemu pomiarowi towarzyszy pewna niepewność. Faktu tego nie sposób ominąć. W naszym wypadku obliczamy niepewność różniczkując wzory (1), (2), (3) i (4) po wszystkich zmiennych oraz (jeśli nie jest napisane inaczej) przyjmujemy odchylenie standardowe  $S_x = 1$ . Oznaczenia literowe przyjmujemy takie same jak we wzorach pierwotnych.

### 2.2.1 Zdolność rozdzielcza

Po zróżniczkowaniu wzoru (1) otrzymamy niepewność pomiaru zdolności rozdzielczej:

$$\Delta\rho = \frac{0.1384}{D^2}, \quad (5)$$

znak minus pominięto z oczywistego względu podnoszenia wyniku do kwadratu.

### 2.2.2 Zasięg

Obliczamy pochodną wzoru (2) po  $D$  i otrzymujemy zależność:

$$\Delta r = \frac{5}{D \cdot \ln 10},$$

natychmiast możemy podać wartość  $\ln = 2.30258509$  dzięki czemu wzór "uprości się" do postaci:

$$\Delta r = \frac{5}{2.30258509 \cdot D}. \quad (6)$$

### 2.2.3 Pole widzenia

Teoretyczne pole widzenia obarczone jest niepewnością daną wzorem:

$$\Delta W_T = \frac{w_0}{P^2}, \quad (7)$$

gdzie po raz kolejny pominięto minus. Pole praktyczne wykorzystujące czas przejścia ciała opisuje wzór (4). W owym wzorze pominięto część  $\frac{\partial P}{\partial \delta}$ , ponieważ w tym przypadku  $S_x = 0$  (brak danych dotyczących niepewności działki, klasy czy obserwatora podczas wyznaczania deklinacji), zatem dostajemy wzór:

$$\Delta P = \cos \delta \cdot S_x,$$

gdzie w tym przypadku  $S_x \approx 1.44$ . Uwzględniono niepewność działki  $0.01sek$  oraz obserwatora  $1sek$  - z powodu wielkości tarczy Saturna (brak możliwości badania momentu ukazania się oraz zniknięcia tego samego punktu Saturna) oraz opóźnienie wynikające z refleksu obserwatora (późna godzina, niskie stężenie kofeiny we krwi etc.), który obsługiwał stoper.

## 3 Specyfikacja badanego sprzętu

Teleskop postawiony dziesiątki lat temu w pawilonie nr 1 Obserwatorium Astronomicznego wymaga poważnego czyszczenia oraz "dostrojenia" np. synchronizacji lunetki celowniczej z miejscem widzianym przez sam teleskop. Rozsuniecie obrazów przedstawia Rysunek (3). Mechanizm prowadzący miał pewne opóźnienie co do śledzonego obiektu, stąd też należało co pewien czas ręcznie korygować ustawienie.

### 3.1 Dane techniczne

Wszystkie dane parametry teleskopu zebrano w Tabeli (1):

parametr	wartość
system optyczny	Maksutov - Cassegrain
średnica meniska	0.2[m]
średnica lustra	0.2[m]
ogniskowa	1.9[m]
lunetka celownicza	jest
ogniskowa okularu	25[mm]
podziałka <i>RA</i>	$\frac{1}{12}^h$
podziałka <i>DEC</i>	$\frac{1}{10}^o$

Tabela 2: Dane teleskopu.

### 3.2 Rysunki

#### 3.2.1 Schemat stosowanego układu

Na Rysunku (2) przedstawiono schemat badanego teleskopu. Jak widać światło pada od strony wschodniej szkicu, następnie zostaje poddane odpowiedniemu zakrzywieniu następnie wędruje ku zwierciadłu wtórnemu aby zostać skupionym na kolejnym (znacznie mniejszym) zwierciadle. Stąd jest już bezpośrednio kierowane w stronę obiektywu, gdzie może zostać przechwycone przez ludzkie oko, błonę fotograficzną czy czujnik CCD.

#### 3.2.2 Zdjęcie badanego sprzętu

Jak widać na załączonym obrazku (Rysunek (1)), sprzęt ma już za sobą lata świetności, jednak przy jego pomocy można nadal wykonywać doskonale obserwacje ciał niebieskich. W badaniach nie przeszkadza wgniecenie tubusu, wadliwie działający mechanizm zegarowy ani luz w aretarzu.

## 4 Przeprowadzone badania

W następnych paragrafach zamieszczono opis wykonywanych czynności i przeprowadzonych badań, obliczenia teoretyczne wraz z notą dotyczącą miejsca obserwacji.

### 4.1 Miejsce doświadczenia

Badania odbywały się w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu mieszczącym się przy ulicy Słonecznej 36 w Stołecznym Mieście Poznaniu. Współrzędne miejsca przedstawia Tabela (2):

wielkość	wartość
Długość geograficzna	16°52.7
Szerokość geograficzna	52°23.9
wysokość	85m n.p.m.

Tabela 3: Wpółrzędne Obserwatorium.

Doświadczenie miało miejsce dnia 8 marca 2006 (Dzień Kobiet) pomiędzy godziną 19<sup>00</sup> a 23<sup>30</sup>, daty Juliańskiej 2453808.25292. Niesprzyjające warunki stwarzane przez wszechobecne Miasto Poznań wraz z jupiterami WKS Grunwald Poznań powodowały znaczne utrudnienia w obserwacjach. Mróz doskwierał (brak kawy również) lecz dzielni studenci brnęli dalej by głosić naukę światu, ku chwale Poznańskiej Astronomii.

## 4.2 Zdolność rozdzielcza

Zdolność rozdzielcza oznacza w optyce przydatność określonego przyrządu do obserwacji obiektów o określonej odległości kątowej. Im większa jest zdolność rozdzielcza tym bliższe sobie punkty są obserwowane jako odrębne, a nie jako pojedyncza plama. Zdolność rozdzielcza wiąże się ze zjawiskiem dyfrakcji. Właśnie dyfrakcja powoduje rozmycie obrazów i zastąpienie punktów jedną "plamą".

### 4.2.1 Część teoretyczna

Korzystając ze wzoru (1) oraz (5) obliczymy teoretyczną zdolność rozdzielczą oraz jej niepewność (w niepewności uwzględniono niepewność obserwatora równą 0.1):

$$\rho = \frac{0.1384}{0.2} = 0.692.$$

$$\Delta\rho = \frac{0.1384}{0.04} \cdot 0.1 = 0.346.$$

### 4.2.2 Część praktyczna

Do przeprowadzenia tego doświadczenia, wykorzystano dwie gwiazdy podwójne: *Kastora*  $\alpha$  *Gem* o separacji składników 1.7'' oraz gwiazdę  $\alpha$  *UMa* o separacji 0.7''. W pierwszym przypadku zaobserwowano dokładnie dwa składniki, natomiast w drugim nie można było tego zrobić. Możemy zatem stwierdzić, że zdolność rozdzielcza badanego teleskopu zawiera się między 1.7'', a 0.7''. Wyciągając z powyższego średnią arytmetyczną stwierdzamy rozdzielczość:

$$\rho = 1.2'',$$

### 4.3 Pole widzenia

Polem widzenia nazywamy obszar widziany przez okular. Najprościej mówiąc: im większe pole widzenia, tym mniejsze powiększenie i vice versa, im większe powiększenie tym mniejsze pole widzenia. Efekt ten można doskonale zaobserwować przy pomocy tradycyjnej lornetki.

#### 4.3.1 Część teoretyczna

Korzystamy ze wzorów (3) i (7) w celu obliczenia pola oraz niepewności:

$$P = \frac{1.9}{0.025} = 76,$$

$$W_T = \frac{45}{76} = 0.59210256,$$

$$\Delta W_T = \frac{45}{76^2} = 0.0077908587.$$

#### 4.3.2 Część praktyczna

To zbadania pola widzenia korzystamy ze wzoru (4), wpiery jednak odczytując deklinację Saturna z tablic  $\delta = -11^\circ 21' 48.''3$ . Po przekształceniu na stopnie z przecinkiem dostajemy  $\alpha = -11.363417$ . Saturn przechodził przez pole widzenia w czasie  $t = 2^m 2.^s 709$ , co w godzinach wynosi  $t = 0.0340858$ . Mając te dane podstawiamy je do wzoru (4):

$$\begin{aligned} P &= 360^\circ \cdot \frac{0.0340858}{24} \cdot \cos(-11.363417) = 360^\circ \cdot 0.00142024167 \cdot 0.359603294 = \\ &= 0.183860489, \\ \Delta P &= \cos(-11.363417) \cdot 1.44 = 0.517828743. \end{aligned}$$

### 4.4 Zasięg

Zasięg teleskopu jest parametrem mówiącym nam jakie najciemniejsze obiekty jesteśmy przy jego pomocy w stanie zobaczyć. Dla przypomnienia warto wspomnieć, że zasięg nieuzbrojonego ludzkiego oka wynosi  $6^m$ , natomiast jasność Słońca wynosi  $26.7^m$ .

#### 4.4.1 Część teoretyczna

Wykorzystując wzory nr (2) i (6) obliczono teoretyczny zasięg teleskopu oraz niepewność pomiarową:

$$\begin{aligned} r &= 2.1 + 5 \cdot \log 200 = 13.60514998, \\ \Delta r &= \frac{5}{200 \cdot \ln 10} = 0.01085736204. \end{aligned}$$



#### 4.4.2 Część praktyczna

Z obserwacji gromady  $M44$  można było wydedukować zasięg teleskopu równy  $12^m$ . Słabszych gwiazd nie zaobserwowano. Pomiar ten jest jednak mało dokładny z powodu zabrudzeń sprzętu oraz dużego seeingu nie można było poprawnie stwierdzić zasięgu.

## 5 Zestawienie wyników

W doświadczeniu zbadano trzy parametry teleskopu. Wyniosły one:

**Zdolność rozdzielcza:**  $1.2''$

**Zasięg:**  $12^m$

**Pole widzenia:**  $0.15 \pm 0.52$

## 6 Podsumowanie i wnioski

Jak pokazano w obliczeniach istnieje znaczna rozbieżność pomiędzy parametrami obserwowanymi, a wyznaczonymi teoretycznie. Niezgodność ta wynika przede wszystkim z faktu przeprowadzenia obserwacji w mieście, a co za tym idzie z dużym seeingiem. Po porównaniu załączonych mapek widzimy, że wielu gwiazd nie sposób zaobserwować mimo ich relatywnie dużych jasności (jak na zdolności teleskopu). W celu wyznaczenia *dokładnych* parametrów sprzętu należałoby się udać w znaczną odległość od dużych źródeł światła (najlepiej ponad  $50km$ ). W Polsce takie warunki występują jedynie w Bieszczadach. Podsumując: studenci wykonali swoją pierwszą poważniejszą pracę naukową, która może się komuś przydać. Nauczyli się obsługi "topornego" sprzętu, a co za tym idzie nauczyli się być cierpliwymi.

## Literatura

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Maksutov\\_telescope](http://en.wikipedia.org/wiki/Maksutov_telescope)
- [2] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Zdolno%C5%9B%C4%87\\_rozdzielcza](http://pl.wikipedia.org/wiki/Zdolno%C5%9B%C4%87_rozdzielcza)
- [3] [http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss\\_form?target=SATURN&resolver=SIMBAD](http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form?target=SATURN&resolver=SIMBAD)
- [4] XEphem Version 3.5.2