

## **Badanie lunety Keplera**

### **Zagadnienia:**

1. Prawo odbicia, prawo załamania światła.
2. Bieg promieni w lunecie Keplera.
3. Powiększenie lunety
4. Pole widzenia lunety
5. Zdolność rozdzielcza lunety

### **Literatura:**

1. Podręczniki kursowe.
2. J. Nowak, M. Zajac, Wstęp do optyki, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995
3. E. Hecht, Optyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012

### **Wykonanie ćwiczenia**

#### **Część A. Konstrukcja modelu lunety Keplera**

- a) Skonstruuj model ilustrujący zasadę działania lunety Keplera, posługując się:
  - dwiema soczewkami o nieznanych ogniskowych (jedną o krótkiej, drugą o długiej ogniskowej), wybranych spośród sześciu dostępnych na stanowisku.
  - ławą optyczną,
  - dwoma statywami,
- b) Posługując się skonstruowanym modelem lunety odczytaj tekst znajdujący się na oddalonej kartce naprzeciw swojego stanowiska.
- c) Określ cechy uzyskanego obrazu, przygotuj rysunek ilustrujący bieg promieni w lunecie Keplera i wyjaśnij podstawowe zasady jej konstrukcji.

#### **Część B. Pomiar powiększenia modelu lunety Keplera za pomocą testu rozdzielczego**

1. Ławę z zestawioną lunetą ustaw w odległości ok. 6 m od testu rozdzielczego składającego się z prostokątnych pól zawierających równoległe linie znajdujące się na każdym polu w różnych odległościach od siebie.
2. Wybierz jedno z pól, które będzie obserwowane przez lunetę i przesuwając obiektyw ustaw lunetę tak by obraz był ostry.
3. Zestawione na ławie optycznej elementy lunety uzupełnij o płytkę ogniskową, umieszczając statyw z płytką pomiędzy obiektywem i okularum lunety.
4. Patrząc przez okular na test rozdzielczy, przesuwaj jednocześnie statyw z płytką ogniskową, dotąd, dotąd, aż widoczny na niej krzyż będzie tak samo ostry, jak linie testu rozdzielczego.
5. Zadbaj o to, by płytka ogniskowa znajdowała się w tej samej płaszczyźnie co obraz testu (brak przemieszczania obrazu testu i krzyża przy zmianie położenia oka).
6. Zmierz odległość obiektywu ( $b$ ) oraz odległość okularu od płytki ogniskowej ( $\Delta$ ).
7. Powtórz pomiary pięciokrotnie, przesuwając płytkę ogniskową i ponownie ustawiając ją w optymalnym położeniu.
8. Oblicz powiększenie lunety korzystając ze wzoru:

$$p = \frac{b}{\Delta},$$

gdzie  $\Delta$  to odległość okularu od płytki ogniskowej ( odległość obrazu utworzonego przez obiektyw od okularu),  $b$  – odległość obiektywu od płytki ogniskowej (odległość obrazu utworzonego przez obiektyw od obiektywu).

9. Wyznacz ogniskową okularu i obiektywu oraz zdolność skupiającą modelu lunety Keplera.

**Uwaga: Powtórz czynności z punktu A i B dla innego zestawu soczewek.**

### Część C. Pomiar powiększenia lunety za pomocą łaty

1. Oddal stolik z lunetą od łaty na możliwie dużą odległość, taką by wciąż widzieć ostro nieuzbrojonym okiem zaznaczone na łacie symbole.
2. Zmierz odległość od obiektywu lunety do łaty ( $d$ ) za pomocą dalmierza.
3. Dbaj by podczas pomiarów oś radialna lunety była prostopadła do powierzchni łaty.
4. Ustaw lunetę na ostre widzenie obrazu łaty, zmieniając odległość pomiędzy obiektywem a okulem.
5. Obserwując łatę jednym okiem bezpośrednio, a drugim przez lunetę, ustal, jaka liczba działek widocznych przez lunetę ( $N$ ) odpowiada jakiej liczbie działek widzianych bezpośrednio ( $n$ ).
6. Pomiar powtórz trzykrotnie dla trzech różnych odległości obiektywu lunety od łaty.
7. Oblicz powiększenie lunety ze wzoru:

$$p_1 = \frac{n}{N},$$

gdzie:

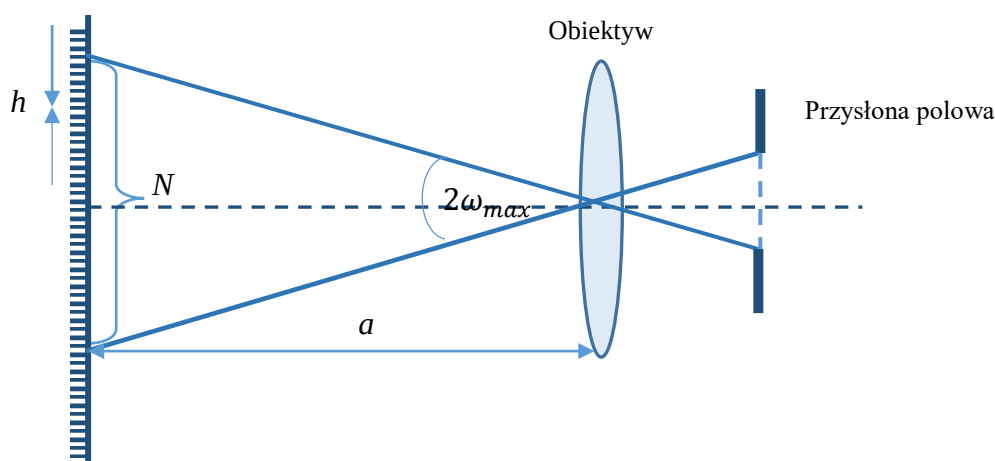
$N$  – liczba działek widzianych przez lunetę,  
 $n$  – liczba działek widzianych bezpośrednio.

### Część D. Pomiar kąta pola widzenia lunety.

1. Ustaw lunetę w odległości  $a$  (patrz Rys. 1) na ostre widzenie łaty.
2. Policz liczbę działek  $N$  widocznych w polu widzenia lunety.
3. Zmierz wartość  $h$  działki na łacie.
4. Powtórz pomiary dla trzech różnych odległości  $a$ .
5. Oblicz kąt pola widzenia lunety  $2\omega_{max}$ , wykorzystując związki geometryczne na Rys. 1:

$$2\omega_{max} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{N \cdot h}{2a}\right).$$

Kąt pola widzenia lunety  $2\omega_{max}$  to kąt rozwarcia stożka obejmującego tę część przestrzeni, która jest widoczna przez lunetę, tzn. kąt pod którym widzimy przez lunetę dwa najbardziej odległe od siebie punkty w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej lunety (patrz rysunek). Wielkość kąta pola widzenia lunety zależy od średnicy przysłony polowej  $P$  znajdującej się w płaszczyźnie obrazowej obiektywu.



**Rys. 1.** Pomiar kąta pola widzenia lunety za pomocą łaty mierniczej.

**Cześć E. Pomiar zdolności rozdzielczej lunety oraz oka**

1. Znaleźć odległości  $b$ , z których za pomocą lunety można rozróżnić linie na testach kreskowych (od 1. do 6.).
2. Z tabeli odczytać dla danego segmentu odległość  $x$  między rozdzielonymi liniami.

**Tabela. 1.** Odległości pomiędzy liniami na polach testu kreskowego.

| Numer pola         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   |
|--------------------|------|------|------|------|------|-----|
| Odległość $x$ [mm] | 0,84 | 1,26 | 1,69 | 2,12 | 2,54 | 3,0 |

3. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wyznaczyć wartość kątową zdolności rozdzielczej w radianach:  
$$\varepsilon = \arctg \frac{x}{b},$$
  
a następnie wynik przedstawić w minutach kątowych.
4. Posługując się testem rozdzielczym wyznaczyć kątową zdolność rozdzielczą własnego oka.

Przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych w każdej części ćwiczenia.

Przeprowadzić dyskusję wyników.