

## Ćwiczenie OP4

### SPRAWDZANIE PRAW ODBICIA I ZAŁAMANIA ŚWIATŁA ORAZ ZJAWISKA CAŁKOWITEGO WEWNĘTRZNEGO ODBICIA

#### 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne wykorzystanie podstawowych praw i zasad optyki geometrycznej.

#### 2. Zagadnienia do przygotowania

Zagadnienia do opracowania i nauczania się (**przed przystąpieniem** do wykonywania ćwiczenia):

- prawa rządzące zjawiskiem odbicia i załamania światła, całkowite wewnętrzne odbicie,
- typy zwierciadeł i soczewek, bieg promieni, podstawowe wzory, soczewki grube,
- znajomość współczynników załamania dla: szkła, pleksiglasu, lodu, wody, powietrza.

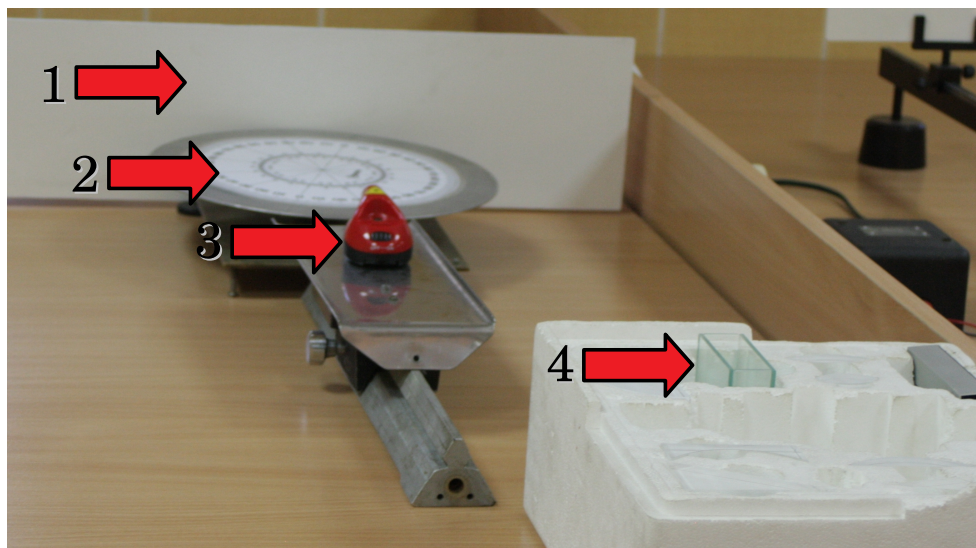
Część teoretyczna sprawozdania (opracowana **przed przystąpieniem** do części praktycznej):

- opisać bieg promienia przez płytkę płasko-równoległą. Wykazać, że promień światła padający na powierzchnię przezroczystej płytki płasko-równoległej o grubości  $d$  wychodzi z niej bez zmiany kierunku, a jest jedynie przesunięty o  $\Delta$ :

$$\Delta = d \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right), \quad (1)$$

gdzie:  $\alpha$  – kąt padania,  $n$  – współczynnik załamania światła materiału płytki.

#### 3. Przyrządy pomiarowe, opis i schemat aparatury, przyjęte oznaczenia



Rysunek 1: Aparatura pomiarowa: laser półprzewodnikowy lub inne źródło światła (1), tarcza-kątomierz (2), ekran (3), zestaw badanych elementów optycznych (4). Ponadto: suwmiarka

$p$  – promień padający,

$\alpha$  – kąt zawarty pomiędzy promieniem padającym a normalną do powierzchni w punkcie padania (kąt padania),

$z$  – promień załamany,

$\beta$  – kąt zawarty pomiędzy promieniem załamanym a normalną (kąt załamania),

$O$  – promień odbity,

$\delta$  – kąt zawarty pomiędzy promieniem odbitym o a normalną (kąt odbicia),

$\gamma$  – kąt, przy którym następuje całkowite wewnętrzne odbicie,

$w$  – promień przechodzący (wychodzący z elementu optycznego),

$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$  – współczynnik załamania światła w ośrodku 2 względem ośrodka 1,

$c$  – prędkość światła w próżni,  $300\,000\,\frac{\text{km}}{\text{s}}$  (dokładnie  $299\,792\,458\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ),

$S_{\text{co}}$  – cylindryczna soczewka płasko-wypukła o płaszczyźnie zawierającej oś walca.

#### 4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

Zakres badań i pomiarów ustala opiekun dydaktyczny. W opracowaniu umieścić schematy wszystkich doświadczeń z zaznaczonym biegiem promieni!

(a) **Prawo odbicia.** Element optyczny: zwierciadło płaskie

- Źródło światła umieścić na metalowej tacy.
- Ustawić źródło światła i tarczę kątomierza tak, aby promień pokrywał się z osią  $0^\circ$ – $0^\circ$ .
- Ustawić zwierciadło z płaszczyzną odbijającą na osi  $90^\circ$ – $90^\circ$ .
- Obracać układ tarcza–zwierciadło, tak aby promień świetlny przechodził zawsze przez środek tarczy.
- Promień padający  $p$  tworzy z osią  $0^\circ$ – $0^\circ$  (normalna do zwierciadła w punkcie padania), kąt padania  $\alpha$  – zgodnie z Tabelą 1.
- Promień odbity  $O$  tworzy z tą samą osią  $0^\circ$ – $0^\circ$  kąt odbicia  $\delta$  – wpisać do Tabeli 1.

Tablica 1: Sprawdzenie prawa odbicia

| $\alpha$ [ $^\circ$ ] | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $\beta$ [ $^\circ$ ]  |    |    |    |    |    |    |    |    |

(b) **Prawo załamania.** Element optyczny:  $S_{\text{co}}$  – soczewka cylindryczna płasko-wypukła o płaszczyźnie zawierającej oś walca

- Źródło światła umieścić na metalowej tacy,
- Ustawić źródło światła i tarczę kątomierza tak, aby promień pokrywał się z osią  $0^\circ$ – $0^\circ$ .
- Umieścić na tarczy soczewkę  $S_{\text{co}}$  płaską stroną skierowaną w kierunku źródła światła i pokrywającą się z osią  $90^\circ$ – $90^\circ$ .
- Obracać układ tarcza–soczewka tak, aby promień świetlny przechodził zawsze przez środek soczewki. Promień padający  $p$  tworzy z osią  $0^\circ$ – $0^\circ$  kąt padania  $\alpha$ , przyjętym z Tabeli 2,
- Promień przechodzący  $w$  tworzy z tą samą osią  $0^\circ$ – $0^\circ$  kąt załamania  $\beta$  – wpisać do Tabeli 2.
- Uzupełnić Tabelę 2.
- Zmierzyć promień walca soczewki.

viii. Wykorzystując wzór soczewkowy:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (2)$$

oblicz ogniskową  $f$  soczewki  $S_{co}$ .

Tablica 2: Wyznaczenie współczynnika załamania materiału soczewki

|                                      |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $\alpha$ [°]                         | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| $\beta$ [°]                          |    |    |    |    |    |    |    |    |
| $\sin \alpha$                        |    |    |    |    |    |    |    |    |
| $\sin \beta$                         |    |    |    |    |    |    |    |    |
| $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ |    |    |    |    |    |    |    |    |

(c) **Zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.** Element optyczny:  $S_{co}$  – soczewka cylindryczna płasko-wypukła o płaszczyźnie zawierającej oś walca.

- Źródło światła umieścić na metalowej tacy,
- Ustawić źródło światła i tarczę kątomierza tak, aby promień pokrywał się z osią 0°–0°.
- Umieścić na tarczy soczewkę  $S_{co}$  wypukłą stroną skierowaną w kierunku źródła światła tak, aby płaska strona pokrywała się z osią 90°–90°.
- Obracać układ tarcza–soczewka tak, aby promień świetlny przechodził zawsze przez środek soczewki. Promień padający  $p$  tworzy z osią 0°–0° kąt padania, przyjętym z Tabeli 3.
- Promień wychodzący  $w$  tworzy z tą samą osią 0°–0° kąt załamania  $\beta$  – wpisać do Tabeli 3.
- Uzupełnić Tabelę 3,
- Obliczyć:
  - średni kąt graniczny,  $\gamma_{sr}$  [°],
  - współczynnik załamania światła,  $n = \frac{1}{\sin \gamma_{sr}}$ ,
  - prędkość rozchodzenia się światła w ośrodku,  $\nu = \frac{c}{n}$  [ $\frac{km}{s}$ ],
  - zmierzyć promień walca soczewki,  $R$  [cm],
  - ogniskową  $f$  soczewki  $S_{co}$  wykorzystując wzór soczewkowy:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (3)$$

Tablica 3: Pomiar kąta granicznego

|                                          |    |    |    |          |    |    |    |    |
|------------------------------------------|----|----|----|----------|----|----|----|----|
| $\alpha$ [°]                             | 10 | 20 | 30 | $\gamma$ | 50 | 60 | 70 | 80 |
| $\beta$ [°]                              |    |    |    |          |    |    |    |    |
| $\gamma$ [°]                             |    |    |    |          |    |    |    |    |
| Średni kąt graniczny $\gamma_{sr}$ [°] = |    |    |    |          |    |    |    |    |

(d) **Przesunięcie  $\Delta$  promienia przez płytkę płasko-równoległą.** Element optyczny: płytkę płasko-równoległą o grubości  $d$

Dla małych kątów padania przesunięcie opisane równaniem (1) można w sposób przybliżony zapisać jako:

$$\Delta = d \alpha_{rd} \frac{n - 1}{n}, \quad (4)$$

gdzie: kąt padania  $\alpha_{rd}$  jest mierzony w radianach.

- (e) **Przesunięcie  $\Delta$  promienia przez płasko-równoległą warstwę cieczy.** Element optyczny: kuweta płasko-równoległa o grubości  $d$  z cieczą  
W obliczeniach korzystamy ze wzoru (4).

## 5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

## 6. Ocena wyników pomiarów

Zapis wyników z błędem wraz z jednostkami w układzie SI.

Porównanie otrzymanych wielkości fizycznych z tablicowymi.

Dyskusja popełnionych błędów systematycznych i przypadkowych.

Propozycje poprawy dokładności pomiarów.

## 7. Literatura

- *Podstawy fizyki*, Halliday D., Resnick R., Walker J., dowolne wydanie.
- *Pracownia fizyczna*, Szydłowski H., dowolne wydanie.
- *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Dryński T., dowolne wydanie.
- *Fizyka doświadczalna, cz. 4: Optyka*, Szczeniowski Sz., dowolne wydanie.