

## Ćwiczenie 12

### Załamanie światła

#### Cel ćwiczenia

- Zweryfikuj prawo Snell'a (załamania światła) i użyj go do zidentyfikowania nieznanego materiału.
- Określ, jak zmienia się intensywność, gdy załamuje się światło.

#### Wymagane wiadomości teoretyczne

Definicja współczynnika załamania, zasada Huygensa, prawa odbicia i załamania, całkowite wewnętrzne odbicie, współczynnik odbicia przy padaniu prostopadłym na powierzchnię rozgraniczającą ośrodki o różnych współczynnikach załamania, dyspersja współczynnika załamania, dyspersja normalna i anomalna.

#### Wykonanie ćwiczenia

##### 1. Potwierdzenie prawa załamania światła

- Otworzyć symulację,
- Wejść w zakładkę *Wstęp*,



- Gdy otworzy się okno symulatora, powinieneś zauważyć laser skierowany pod kątem  $45^\circ$  w dół w prawo. Spójrz na prawo na górny róg okna i zauważ, że dwa pola informacyjne opisują ośrodki pokazane na ekranie. Jakie są obecnie dwa ośrodki w oknie symulatora?
- Kliknij CZERWONY przycisk na laserze. Jak zachowuje się światło (jego bieg), gdy uderza w powierzchnię wody?
- Zmień materiał drugiego ośrodka (gdzie znajduje się załamany promień) na Szkło, używając pola menu w prawym dolnym rogu.



- Wybierz narzędzie kątomierza i umieść kątomierz nad pionową normalną linią, aby linia przerywana przebiegała prosto przez zero. Ustaw laser (kliknij na niego i przesun go, gdy pojawią się zielone strzałki) pod kątem padania  $\theta_1 = 30^\circ$ . Przypomnienie: kąty są zawsze mierzone od linii normalnej.

- g) Zignoruj odbity promień (promień, który pozostaje w powietrzu). Za pomocą kątomierza zmierz kąt załamania światła lasera  $\theta_2$  i zapisz go w Tabeli 1.
- h) Powtórz te kroki dla 5 kolejnych kątów padania według własnego wyboru. Zapisz wyniki w Tabeli 1 (lub utwórz własną tabelę).

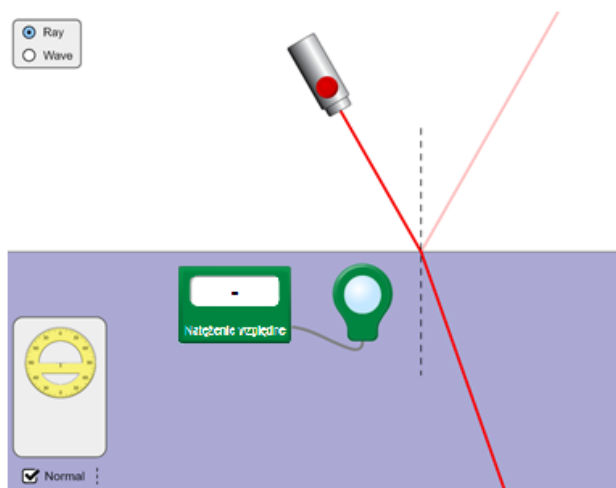
**Tabela 1**

$\theta_1$ (°)	$\theta_2$ (°)	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$	$n_2$
30				

- i) Oblicz  $\sin\theta_1$ ,  $\sin\theta_2$  i  $n_2$  dla każdego z wyników i dodaj je do Tabeli 1. Zapisz swoje wyniki z dokładnością do 3 miejsc znaczących po przecinku.
- j) Porównaj wartości współczynnika załamania szkła dla każdej próby (wartości w ostatniej kolumnie). Czy wyniki są zgodne? Czy doszedłbyś do wniosku, że współczynnik załamania jest stałą dla danego ośrodka?
- k) Określ średnią wartość współczynnika  $n_2$  na podstawie wyników pomiarów.
- l) Porównaj obliczoną wartość  $n_2$  z podanym współczynnikiem załamania szkła (1,50). Zgadza się? Wyjaśnij, dlaczego tak lub nie?

## 2. Dalsze badanie natężenia światła

- a) W lewej dolnej części okna symulatora powinieneś zauważyć, że masz do dyspozycji dwa narzędzia. Wybierz dolne narzędzie, które wygląda trochę jak lupa z napisem „Natężenie względne”. Przenieś narzędzie do ośrodka wodnego.



- b) Weź **OBIEKTYW** i przeciągnij go bezpośrednio nad promieniem wychodzącym z lasera, **ZANIM** trafi on w powierzchnię wody. Zauważ, że możesz zmierzyć natężenie światła, gdy soczewka jest umieszczona nad wiązką. Powinno ono wynosić „100,00%”
- c) Odsuń soczewkę na bok i wybierz narzędzie kątomierza z przybornika. Ustaw laser pod kątem  $10^\circ$ .
- d) Za pomocą narzędzia Natężenie względne zmierz natężenie światła załamane i natężenie światła odbitego i zapisz je w Tabeli 2.
- e) Powtórz te kroki dla 5 kolejnych kątów padania (w dużym zakresie) według własnego wyboru. Zapisz wyniki w Tabeli 2 (lub utwórz własną tabelę).

**Tabela 2**

$\theta_1$ ( $^\circ$ )	Natężenie <b>załamane</b> go światła (%)	Natężenie <b>odbite</b> go światła (%)
10		

- f) Uzupełnij w sprawozdaniu poniższe zdania, aby opisać swoje obserwacje, wybierając jedną z następujących opcji: „zwiększa się”, „zmniejsza się”, „pozostaje taka sama”:

W miarę wzrostu kąta padania intensywność załamane go światła .....

W miarę wzrostu kąta padania intensywność odbite go światła .....

Gdy kąt padania zmienia się, całkowita intensywność światła (załamane + odbite)

.....

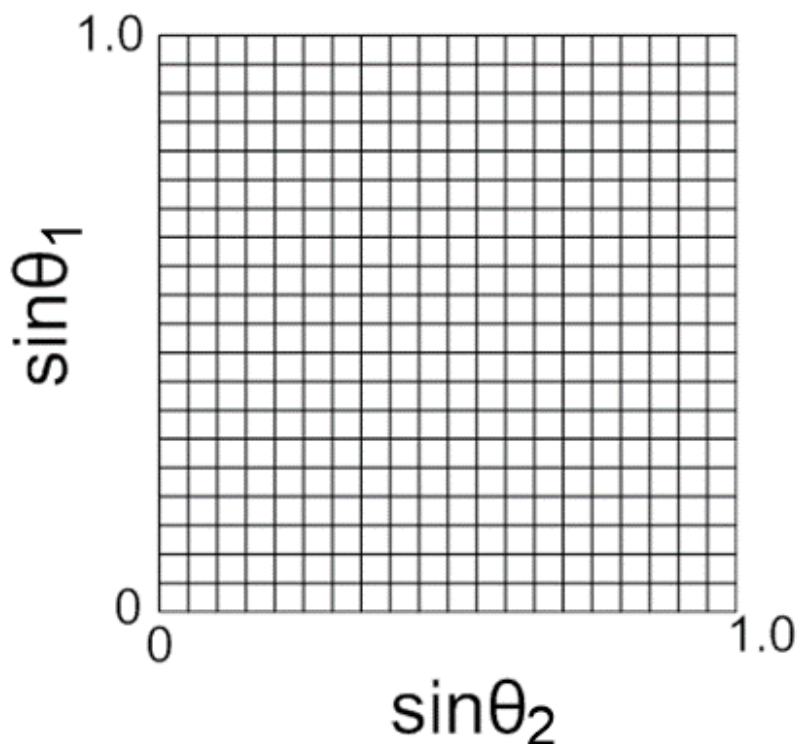
### 3. Współczynnik załamania nieznanego materiału

- a) Zmień materiał pierwszy na „Tajemniczy A”, na drugi ośrodek na Szkło ( $n_2 = 1,50$ ).
- b) Zmień kąt padania lasera  $\theta_1$  i zapisz sześć zestawów wyników dla  $\theta_2$ ,  $\sin\theta_1$  i  $\sin\theta_2$  w Tabeli 3.

**Tabela 3**

$\theta_1$ ( $^\circ$ )	$\theta_2$ ( $^\circ$ )	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$


- c) Narysuj wykres  $\sin\theta_1$  na osi y i  $\sin\theta_2$  na osi x. Możesz to zrobić na poniższym rysunku, na własnym kawałku papieru milimetrowego lub w programie Excel.



- d) Na rysunku wykonanym własnoręcznie narysuj linię najlepiej dopasowaną przez swoje punkty za pomocą linijki.

Znajdź nachylenie swojej linii. Nachylenie to stosunek  $\sin\theta_1$  i  $\sin\theta_2$

$$a = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

Wykonując wykres w arkuszu Excella wykorzystaj funkcję *REGLINP* dla obliczeń współczynników prostej regresji i wstaw linię trendu na wykresie. Wyznacz współczynnik kierunkowy  $a$  prostej regresji.

- e) Korzystając z prawa Snell'a  $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ , oraz wyznaczonej wartości nachylenia  $a$  i współczynnika załamania szkła  $n_2$  określ współczynnik załamania tajemniczego materiału. W sprawozdaniu pokaż swoje obliczenia.

- f) Korzystając z poniższej tabeli, określ, czym może być nasz tajemniczy materiał:

<b>ośrodek</b>	<b>współczynnik załamania</b>
próżnia	1
hel	1,000035
powietrze (1013 hPa, 20 °C)	1,0003
woda	1,33

<b>lód</b>	<b>1,310</b>
<b>alkohol etylowy</b>	<b>1,37</b>
<b>heksan</b>	<b>1,38</b>
<b>dwusiarczek węgla</b>	<b>1,63</b>
<b>jodek metylu</b>	<b>1,74</b>
<b>topiony kwarc</b>	<b>1,46</b>
<b>szkło crown</b>	<b>1,50-1,54</b>
<b>szkło flint</b>	<b>1,66</b>
<b>chlorek sodu</b>	<b>1,53</b>
<b>diament</b>	<b>2,417</b>
<b>rutyl</b>	<b>2,616; 2,903</b>
<b>plexiglas</b>	<b>1,489</b>

- g) Oblicz błąd procentowy zaobserwowanej wartości nachylenia, używając wyznaczonego współczynnika załamania światła jako wartości prawdziwej.

### 3. Opracowanie wyników - podsumowanie.

- Sformułuj odpowiedzi na pytania postawione w punkcie 1 c), d), j), l)
- Uzupełnij zdania z punktu 2 f), zrób obliczenia i wykres z punktu 2.
- Porównać wartości zmierzone i wyznaczone z wartościami tablicowymi.
- Przeprowadzić dyskusję niepewności pomiarowych i wyciągnąć wnioski.

### *Literatura*

- Resnick, Halliday, Walker t.5, rozdz. 34.
- Pracownia Fizyczna Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, Część I. Wydanie drugie, pod redakcją Andrzeja Zięby, Kraków 1999. Skrypty uczelniane SU 1608, str. 214.