

## **Badanie załamania światła i całkowitego wewnętrznego odbicia<sup>1</sup>**

Wiesława Idziak

Zespół Szkół Ogólnokształcących w Jarocinie

Barbara Czechowska

Zespół Szkół w Kłodawie

Anna Gilarska, Krystyna Kosiek

Zespół Szkół Usługowych w Ostrowie Wielkopolskim

### **Cele doświadczenia:**

- sprawdzenie prawa załamania światła,
- wyznaczenie współczynnika załamania światła,
- pomiar kąta granicznego.

### **Oczekiwane efekty kształcenia**

Uczeń potrafi:

- zademonstrować zjawisko załamania światła,
- zidentyfikować kąta padania i załamania światła,
- dokonać pomiaru kąt padania i załamania światła w sposób bezpośredni lub pośrednio analizując rysunek przedstawiający bieg promienia padającego i załamanego w wodzie,
- sprawdzić słuszność prawa załamania światła poprzez interpretację wykresu zależności  $\sin \alpha$  od  $\sin \beta$ ,
- obliczyć współczynnik załamania światła dla danych dwóch ośrodków,
- zademonstrować zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia,
- dokonać pomiaru kąta granicznego,
- wskazać przyczyny błędów pomiarowych,
- oszacować niepewności pomiarowe przyrządów,
- ocenić realność obliczonych wielkości z wielkościami tabelarycznymi.

### **Sprzęt:**

- wskaźnik laserowy ( $\lambda = 532nm$ , dobre efekty daje zielony),
- uchwyt do wskaźnika laserowego,
- małe akwarium lub przezroczyste naczynie prostopadłościenne np. pudełko po drażetkach,
- woda i środek powodujący jej zmętnienie (np. fluoresceina, mleko, rozdrobniona kreda),
- pisak wodoodporny,
- linijka, przymiar liniowy, kątomierz,
- tablice trygonometryczne, może być kartka,
- statyw.

Można również wykorzystać: stolik optyczny, Tarczę Kolbego, przesłonę ze szczeliną, rzutnik przezroczycy z podstawą, taśmę przyklepną.

---

<sup>1</sup> Por. komentarz metodyczny, s. 252.

W zależności od środków dydaktycznych jakimi dysponujemy można zaplanować różne wersje doświadczeń.

Najbardziej korzystne ze względów dydaktycznych są takie doświadczenia, w których uczeń może odnieść doświadczenie do realnej sytuacji spotykanej w codziennym życiu.

### Przebieg doświadczeń:

#### Doświadczenie 1. Sprawdzanie prawa załamania światła

Kolejne czynności:

- do akwarium wlej wodę i dodaj substancję powodującą zmętnienie wody,
- na ścianie naczynia pisakiem zaznacz poziom wody,
- skieruj promień światła laserowego na powierzchnię wody, zaobserwuj bieg promienia biegnącego w powietrzu i wodzie dla różnych kątów,
- na ścianie naczynia narysuj bieg promienia padającego i załamane go,
- w punkcie załamania promienia narysuj prostą prostopadłą do granicy ośrodków i zaznacz kąt padania i załamania,
- kątomierzem zmierz kąt padania i kąt załamania światła,
- wykonaj co najmniej 5 pomiarów kątów załamania dla coraz większych kątów padania. Uzupełnij tabelę:

$\alpha$	$\sin \alpha$	$\beta$	$\sin \beta$

Uwaga: zamiast korzystać z tablic trygonometrycznych celem odczytania wartości funkcji trygonometrycznych wskazanych kątów można skorzystać ze stosunków boków odpowiednich trójkątów prostokątnych na rysunku.

- Sporządź wykres zależności  $\sin \alpha$  od  $\sin \beta$  na papierze milimetrowym,
- Przedstaw interpretację otrzymanego wykresu wykorzystując prawo załamania światła,
- korzystając z zależności  $\sin \alpha / \sin \beta = n$  oblicz współczynnik załamania wody względem powietrza  $n$ ,
- porównaj obliczoną wartość współczynnika załamania światła dla wody z wartością podaną w tabelach fizycznych, (*uczniowie powinni zastanowić się nad przyczynami ewentualnych różnic w otrzymanych wynikach, ustalić jakie popełnili błędy, jakie dokładności miały stosowane przyrządy pomiarowe*).
- Ustaw naczynie (akwarium) wypełnione do połowy wysokości lekko zmętnioną wodą (np. fluoresceiną, mlekiem, rozdrobnioną kredą) na tle jasnej tekstury bądź styropianu.

- Skieruj promień światła laserowego na powierzchnię wody pod pewnym kątem, by zaobserwować promień padający i załamany.
- Zaznacz odpowiednie punkty pisakiem na ścianie naczynia lub tekturze tak, by można było następnie narysować poziom wody, normalną w punkcie padania, promień padający i załamany.
- Zaznacz kąt padania i kąt załamania promienia światła laserowego.
- Dokonaj pomiaru kąta padania  $\alpha$  i załamania  $\beta$  za pomocą kątomierza.
- Wykonaj co najmniej 5 pomiarów kątów załamania dla coraz większych kątów padania. Uzupełnij tabelę:

$\alpha$	$\sin \alpha$	$\beta$	$\sin \beta$

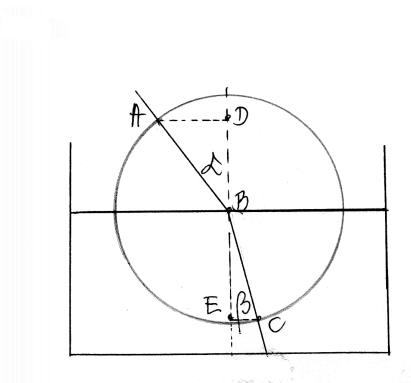
Uwaga: zamiast korzystać z tablic trygonometrycznych celem odczytania wartości funkcji trygonometrycznych wskazanych kątów można skorzystać ze stosunków boków odpowiednich trójkątów prostokątnych na rysunku.

- Sporządź wykres zależności  $\sin \alpha$  od  $\sin \beta$  na papierze milimetrowym.
- Przedstaw interpretację otrzymanego wykresu wykorzystując prawo załamania światła.

### **Doświadczenie 2. Wyznaczenie współczynnika załamania światła**

Kolejność czynności:

- w celu wyznaczenia współczynnika  $n$  załamania światła na granicy powietrze/woda, skorzystaj z przygotowanego wcześniej rysunku przedstawiającego bieg promienia laserowego. Wykonaj co najmniej po trzy pomiary kątów bądź odpowiednich boków trójkątów, by wyznaczyć wartości średnie boków trójkątów pomocnych w wyznaczeniu  $\sin \alpha$  i  $\sin \beta$ .



Bok [mm]	Nr pomiaru			Wartość średnia boku [mm]	Niepewność pomiaru $\Delta l$ [mm]
	1	2	3		
AD					
EC					

- oblicz współczynnik załamania wody względem powietrza wykorzystując fakt, że  $AB = BC$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{AD}{AB}}{\frac{AD}{BC}} = \frac{AD}{AB} \cdot \frac{BC}{AD} = \frac{BC}{AB}$$

- oblicz niepewność pomiaru uproszczoną metodą logarytmiczną:

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta l}{AD_{sr.}} + \frac{\Delta l}{EC_{sr.}}$$

- porównaj obliczoną wartość współczynnika załamania światła dla wody z wartością podaną w tabeli fizycznej i oceń realność otrzymanego wyniku  
(uczniowie powinni zastanowić się nad przyczynami ewentualnych różnic w otrzymanych wynikach, ustalić jakie popełnili błędy, jakie dokładności miały stosowane przyrządy pomiarowe).

### Doświadczenie 3. Pomiar kąta granicznego

Kolejne czynności:

- do akwarium wlej wodę i dodaj substancję powodującą zmętnienie wody,
- na ścianie naczynia pisakiem zaznacz poziom wody,
- promień światła laserowego skieruj z wody do powietrza, zaobserwuj bieg promienia biegnącego w wodzie dla różnych kątów (powyżej pewnego kąta padania światło nie załamuje się tylko ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu),
- narysuj bieg promienia padającego dla promienia załamane go biegnącego na granicy ośrodków – kąt załamania wynosi  $90^0$  (kąt padania nazywamy kątem granicznym),
- zmierz kąt padania (kąt graniczny),
- stosując zależność  $1/n_{wody} = \sin \alpha_{gr}$  sprawdź i porównaj otrzymany wynik z wielkościami tabelarycznymi.

Oszacowanie niepewności pomiarowych przyrządów.

Jedynym przyrządem użytym w doświadczeniu był kątomierz, grubość linii wykonanej pisakiem wynosi ok. 1 mm co daje niepewność pomiaru kąta w granicach ok.  $3^0$ .