



Jak wyznaczyć kąt graniczny w oparciu o prawo załamania?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak wyznaczyć kąt graniczny w oparciu o prawo załamania?

Czy to nie ciekawe?

Czasem zdarza się tak, że światło, padając na granicę dwóch ośrodków, nie przechodzi do drugiego z nich, lecz pozostaje w pierwszym, odbijając się całkowicie. Jakie warunki muszą być spełnione, by tak się stało? Czym jest kąt graniczny? O tym w niniejszym materiale.

Twoje cele

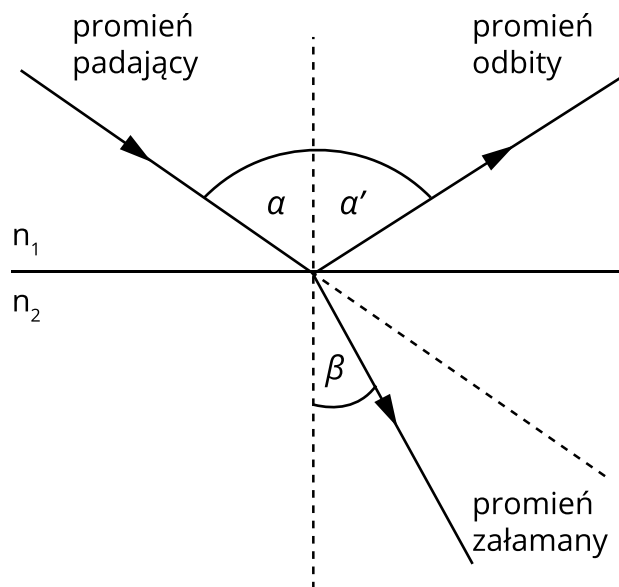
Zapoznanie się z tym e-materiałem sprawi, że:

- przypomnisz sobie prawo odbicia i załamania światła,
- zrozumiesz, czym jest kąt graniczny,
- nauczysz się wyznaczać kąt graniczny w oparciu o prawo załamania światła.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wcześniej omawiane były prawa odbicia i załamania światła (Rys. 1.). Pamiętasz, czego dotyczyły? Otóż, jeśli światło pada na granicę dwóch przezroczystych dla niego ośrodków o różnych współczynnikach załamania n_1 i n_2 , może ulec na tej granicy zarówno odbiciu, jak również załamaniu.



Rys. 1. Prawo odbicia i załamania światła

Prawo odbicia mówi nam, że - w przypadku, gdy promień padający, promień odbity i normalna (czyli prosta prostopadła do granicy ośrodków w punkcie padania przechodząca przez ten punkt) **leżą w jednej płaszczyźnie** - kąt padania jest równy kątowi odbicia ($\alpha = \alpha'$).

Prawo załamania wiąże zaś kąty: padania α i załamania β , głosząc, że stosunek sinusa kąta padania i sinusa kąta załamania jest równy ilorazowi bezwzględnych współczynników załamania ośrodka drugiego n_2 i ośrodka pierwszego n_1 (czyli współczynnikowi względnemu załamania światła ośrodka drugiego względem pierwszego n_{12}):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}.$$

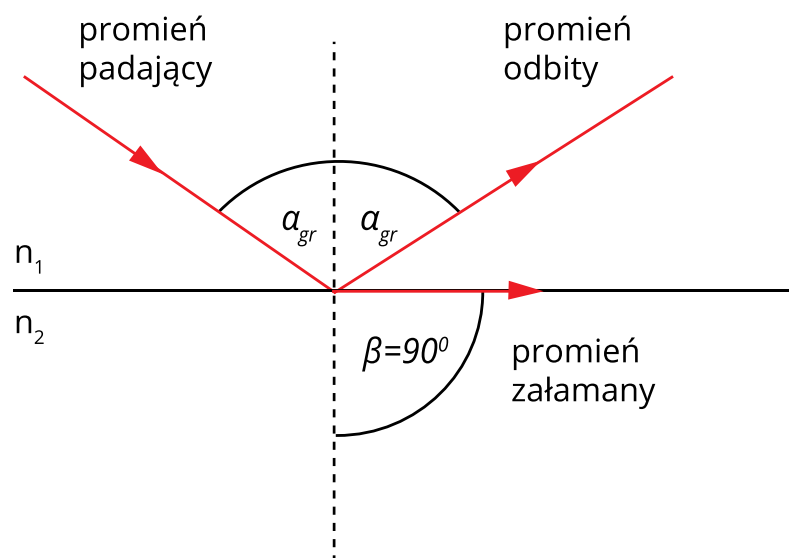
Wiedząc, że bezwzględny współczynnik załamania jest ilorazem prędkości światła w próżni i prędkości światła w danym ośrodku

$$n = \frac{c}{v},$$

możemy zapisać, że

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Tyle, jeśli chodzi o przypomnienie. Zastanówmy się jednak, czy bywają sytuacje, gdy światło, padając na granicę ośrodków, nie ulegnie załamaniu. Patrząc na powyższe wzory, możemy się domyślić, iż zależy to od kątów. Moglibyśmy oczywiście wyznaczyć ten kąt doświadczalnie, ale zastanówmy się również nad matematycznym zapisem tego zjawiska. W przypadku **granicznym kątem** załamania będzie równy 90° – tym samym sinus tego kąta przyjmie wartość 1.



Rys. 2. Światło padające na granicę ośrodków pod kątem granicznym, „ślizga się” po tej granicy. Kąt załamania wynosi wówczas 90°

Można zatem zapisać prawo załamania w postaci

$$\frac{\sin \alpha_{gr}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Chcąc wyznaczyć wartość kąta α , przekształćmy powyższy wzór:

$$\sin \alpha_{gr} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \sin 90^\circ = \frac{n_2}{n_1}.$$

Sinus **kąta granicznego** przyjmuje zatem wartość równą ilorazowi współczynników załamania ośrodka drugiego względem pierwszego. Z pomocą tablic trygonometrycznych lub kalkulatora, szukamy takiego kąta, dla którego wartość będzie najbliższa otrzymanej. W matematyce operacja taka nosi nazwę funkcji arcus sinus i zapisywana jest w następujący sposób:

$$\alpha_{gr} = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right).$$

Kąt α_{gr} jest maksymalnym kątem padania, dla którego promień świetlny, padając na granicę dwóch ośrodków od strony ośrodka o większym bezwzględnym współczynniku załamania, ulega załamaniu. Nazywamy go zatem **kątem granicznym**. Dla kąta większego od **kąta granicznego** zjawisko załamania nie zachodzi, lecz pojawia się efekt całkowitego wewnętrznego odbicia, o którym dowiesz się więcej z kolejnych materiałów.

Jak widać z powyższego wzoru, wartość kąta granicznego zależy od właściwości optycznych ośrodka, w którym następuje propagacja. Warto podkreślić tutaj, że opisywane zjawisko może zajść jedynie wtedy, gdy bezwzględny współczynnik załamania dla ośrodka pierwszego będzie większy niż dla ośrodka drugiego (funkcja sinus nie może przyjmować wartości większych niż 1).

Słowniczek

bezwzględny współczynnik załamania

(ang. absolute refractive index) - iloraz prędkości światła w próżni i prędkości światła w danym ośrodku.

kąt graniczny

(ang. critical angle) - maksymalny kąt padania, dla którego promień świetlny padając na granicę dwóch ośrodków, ulega załamaniu; dla kąta większego od kąta granicznego zjawisko załamania nie zachodzi, lecz pojawia się efekt całkowitego wewnętrznego odbicia.

względny współczynnik załamania

(ang. relative refractive index) - iloraz prędkości światła ośrodka pierwszego względem ośrodka drugiego.

Film samouczek

Jak wyznaczyć kąt graniczny w oparciu o prawo załamania?

Obejrzyj film, w którym nauczysz się obliczać kąt graniczny korzystając z prawa załamania światła.

Polecenie 1

Znajdź kąt graniczny, przy którym promienie świetlne padające na granicę między wodą a diamentem nie będą ulegały załamaniu. Współczynnik załamania dla wody wynosi ok. 1,33, dla diamentu ok. 2,42. Jaki musi być kierunek biegu promieni, żeby mogło zajść zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Oceń prawdziwość poniższych zdań.

Stosunek sinusów kątów załamania i padania wg prawa Snelliusa zależy od prędkości światła w próżni. Prawda ☐ / Fałsz ☐

Gdy kąt padania jest większy od kąta granicznego, zjawisko załamania nie zachodzi, lecz pojawia się efekt całkowitego wewnętrznego odbicia. Prawda ☐ / Fałsz ☐

Im większe współczynniki załamania ośrodków n_1 oraz n_2 , tym wartość kąta granicznego jest mniejsza. Prawda ☐ / Fałsz ☐

Względny współczynnik załamania jest ilorazem prędkości światła w próżni i prędkości światła w danym ośrodku. Prawda ☐ / Fałsz ☐

Ćwiczenie 2



Z jaką prędkością rozchodzi się światło w grubej warstwie lodu, jeśli współczynnik załamania dla tego ośrodka wynosi 1,31? Wynik podaj w m/s. Zapisz go w postaci iloczynu liczby (z dokładnością do dwóch cyfr znaczących) przez 10^8 .

Odpowiedź: $\cdot 10^8$ m/s

Ćwiczenie 3



Wyznacz wartość kąta granicznego dla diamentu (współczynnika załamania 2,4). Wynik zapisz w stopniach, z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: °.

Ćwiczenie 4



Współczynnik załamania światła dla wody wynosi 1,33, zaś dla szkła 1,5. Ile wynosi różnica kątów granicznych dla tych substancji? Wynik podaj w stopniach, zaokrąglając do liczby całkowitej.

Odpowiedź: °.

Ćwiczenie 5



Jaki jest współczynnik załamania ośrodka, dla którego kąt graniczny wynosi 50° ? Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: .

Ćwiczenie 6



Stosunek prędkości światła w ośrodku "2" do prędkości światła w ośrodku "1" wynosi 1,8. Wskaż największy zakres kątów padania światła na granicę między tymi ośrodkami, który zapewnia, że światło padające z ośrodka "1" ulegnie załamaniu i przejdzie do ośrodka "2".

☐ do 15°

☐ do 30°

☐ do 45°

☐ do 60°

☐ zakres kątów padania jest nieograniczony - dowolny kąt padania mniejszy od prostego zapewni przejście światła do ośrodka "2".

Ćwiczenie 7



W znajdującej się w powietrzu płytce wykonanej ze szkła o współczynniku załamania 1,5 nastąpiło zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła. Jak zmieni się kąt graniczny, jeśli płytka ta zostanie umieszczona w wodzie ($n_w = 1,33$)?

☐ zmaleje 1,5 raza

☐ wzrośnie 0,5 raza

☐ zmaleje 0,5 raza

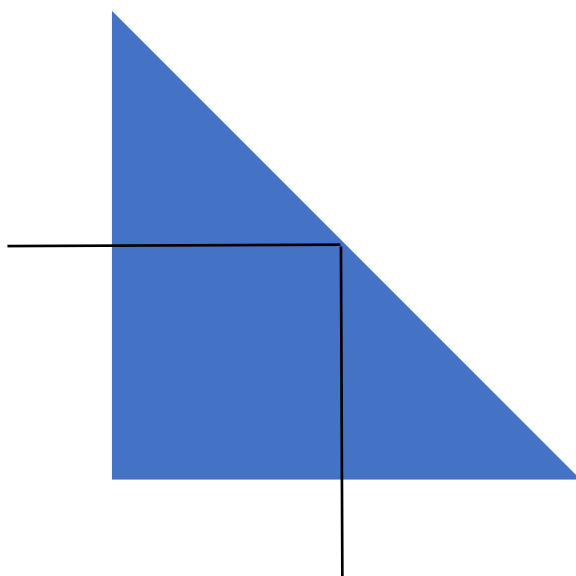
☐ pozostanie taki sam

☐ wzrośnie 1,5 raza

☐ wzrośnie 2 razy

☐ zmaleje 2 razy

Ćwiczenie 8



Promień światła wpada do pryzmatu o przekroju trójkąta równoramiennego prostokątnego i odbija się całkowicie od ścianki naprzeciw kąta prostego (Rys.).

Współczynnik załamania szkła, z którego wykonano pryzmat spełnia więc warunek:

n

Ćwiczenie 9



Monochromatyczne światło rozchodząc się w cieczy ma długość fali 580 nm. Po przejściu do powietrza, długość ta ulega zwiększeniu o 89 nm. Oblicz kąt graniczny dla tej cieczy. Wynik podaj z dokładnością do 1°.

Odpowiedź: °.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Wyznaczanie kąta granicznego w oparciu o prawo załamania światła
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych. IX. Fale i optyka. Uczeń: 5) opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych. X. Fale i optyka. Uczeń: 6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza kąt graniczny.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. formułuje prawo odbicia i załamania światła, 2. wyjaśnia, czym jest kąt graniczny, 3. wyznacza kąt graniczny w oparciu o prawo załamania światła, 4. wykorzystuje zdobyte informacje i umiejętności do rozwiązywania zadań rachunkowych.
Strategie nauczania	IBSE
Metody nauczania	merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, podsumowująca rozmowa kierowana
Formy zajęć:	dyskusja grupowa, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna / rzutnik
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Pierwszym celem, jak i kluczowym aspektem działań nauczyciela, jest wprowadzenie do tematu i zaintrygowanie uczniów poprzez odniesienie do życia codziennego, np. opowiedzenie im o tym, gdzie w przyrodzie mogą spotkać się ze zjawiskiem całkowitego wewnętrznego odbicia światła. Uczeń, po takim wstępie, powinien wiedzieć, że nie uczy się o czymś, co jest oderwane od rzeczywistości. Następnie, nauczyciel ma za zadanie rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej. W tej części powinien sprowokować uczniów do tego, by przypomnieli sobie podstawowe informacje na temat rozchodzenia się światła. Należy tutaj spytać uczniów o zjawiska, którym ulega promień świetlny w trakcie propagacji oraz prawa fizyczne, które rządzą tymi sytuacjami. Szczególną uwagę warto zwrócić na prawo odbicia i załamania światła.	
Faza realizacyjna:	

• Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:

- nauczyciel mówi uczniom o tym, że światło propagując się w ośrodku o większym bezwzględnym współczynniku załamania dotrze do ośrodka, dla którego ten współczynnik jest mniejszy, może pozostać w ośrodku pierwszym – podkreśla, iż zależy to od kąta padania,
 - nauczyciel prosi uczniów o wymyślenie sytuacji granicznej dla wyżej wymienionego przypadku i zapisanie prawa załamania,
 - uczniowie zapisują prawo załamania dla sytuacji granicznej,
 - każdy uczeń (indywidualnie) zapisuje w zeszycie przekształcenie powyższego równania tak, by wyznaczyć z niego kąt padania,
 - nauczyciel, po tym jak uczniowie ukończą zadanie, prosi jednego z nich, by wykonał przekształcenie na tablicy,
 - jeden z uczniów wykonuje na tablicy zadane działanie matematyczne, pozostali sprawdzają poprawność wykonania zadania,
 - nauczyciel sprawdza, czy uczeń wykonał prawidłowo zadanie, poprawiając ewentualne błędy.
- Rekonstruowanie wiedzy uczniów poprzez wspólne wykonanie dołączonych do materiału ośmiu zadań sprawdzających.

Faza podsumowująca:

Przeprowadzenie rozmowy, podczas której uczniowie będą odpowiadali na krótkie pytania dotyczące materiału przedstawionego na bieżącej lekcji.

Praca domowa:

Ponowne zapoznanie się uczniów z filmem-samouckiem w celu utrwalenia omawianych zagadnień.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium**

Jeśli w sali lekcyjnej znajduje się tablica multimedialna lub rzutnik, film samouczek może być obejrany w trakcie zajęć. Po jego obejrzeniu uczniowie powinni samodzielnie spróbować wykonać podobne zadanie. Mogą w tym celu samodzielnie zaproponować modyfikację jego treści.