



Co to jest całkowite wewnętrzne odbicie?

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



Co to jest całkowite wewnętrzne odbicie?

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.shutterstock.com/image-photo/fresnel-lens-lighthouse-beacon-rotated-on-4035514> [dostęp 3.05.2022].

Czy to nie ciekawe?

Oglądałeś kiedyś diamenty (Rys. a.)? Jeśli tak, to pewnie zachwycił cię ich blask. Co jest jego źródłem? Jakie zjawisko leży u podstaw obróbki jubilerskiej tych kamieni, na czym ono polega i od czego zależy fakt, czy mamy z nim do czynienia, czy też nie? Zjawisko to nosi nazwę całkowitego wewnętrznego odbicia. Więcej na jego temat dowiesz się z niniejszego materiału.



Rys. a. Całkowite wewnętrzne odbicie światła znalazło zastosowanie w obróbce diamentów – ich zachwycający blask znajduje wytłumaczenie właśnie w tym zjawisku

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/brilliant-glass-glitter-shine-4631347/> [dostęp 15.11.2022].

Twoje cele

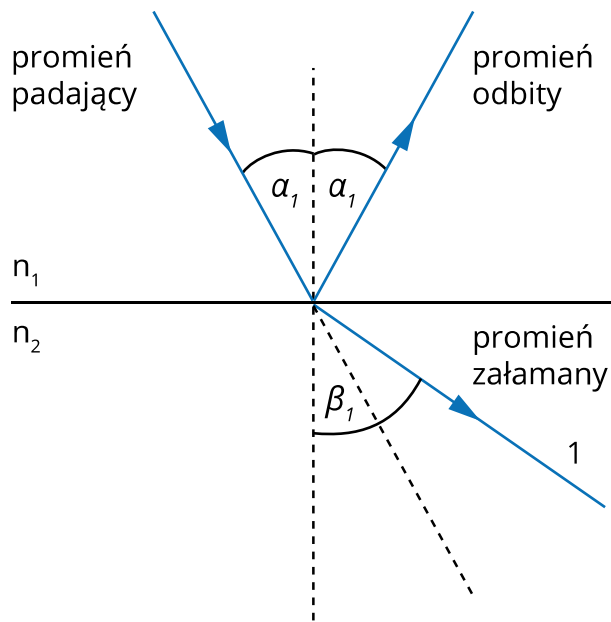
Przeczytanie niniejszego materiału sprawi, że:

- przypomnisz sobie, czym jest odbicie i załamanie światła,
- nauczysz się wyznaczać kąt graniczny wykorzystując prawo załamania światła,
- poznasz istotę całkowitego wewnętrznego odbicia światła,
- zaczniesz dostrzegać omawiane zjawisko w życiu codziennym.

Przeczytaj

Warto przeczytać

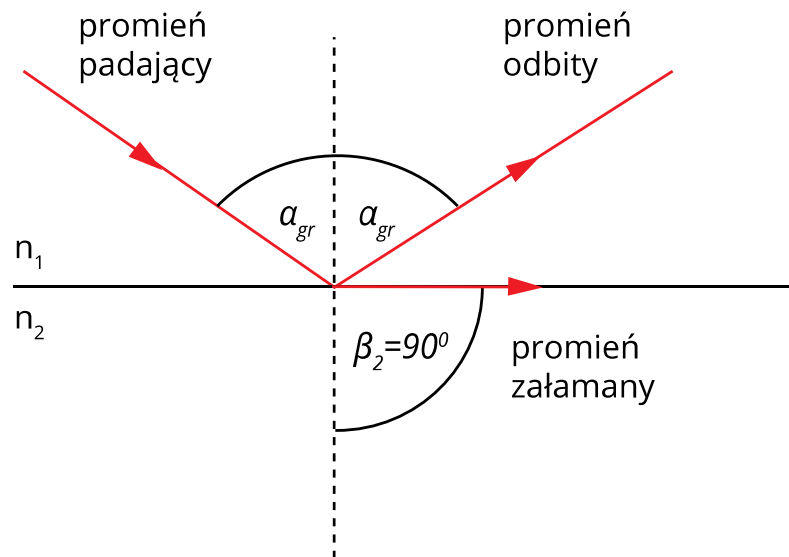
Światło, czyli fala elektromagnetyczna z zakresu od 380 nm do 780 nm, docierając do granicy przezroczystych dla niego ośrodków, może ulec dwóm zjawiskom: odbiciu i załamaniu (Rys. 1.).



Rys. 1. Światło padające na granicę ośrodków o różnych współczynnikach załamania może ulec dwóm zjawiskom: odbiciu i załamaniu.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

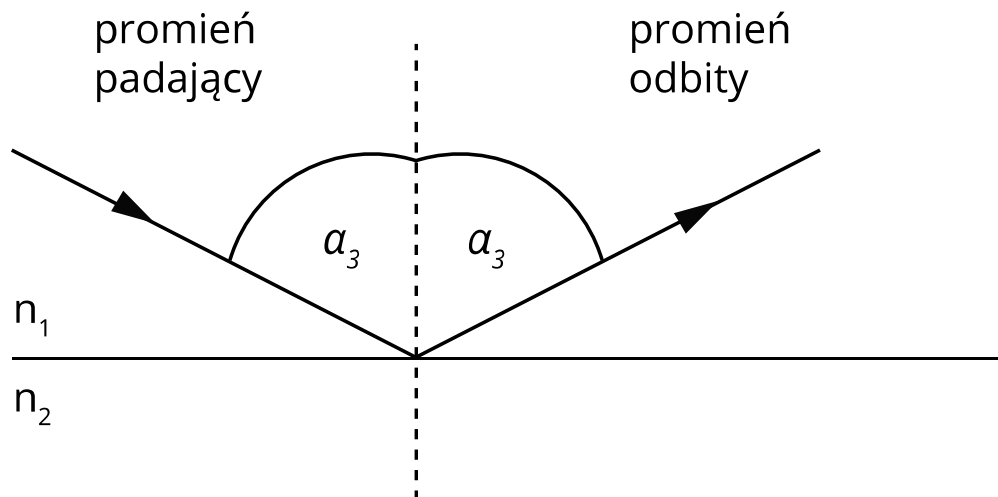
Czasem zdarza się jednak tak, że zjawisko załamania nie występuje. Przyjrzyjmy się temu dokładnie. W ośrodku pierwszym, którego współczynnik załamania będzie większy niż w przypadku ośrodka drugiego, ustawmy źródło światła pod małym kątem padania. Zauważymy wówczas, że oba zjawiska zachodzą. Zwiększajmy teraz stopniowo kąt padania. W pewnym momencie dojdziemy do sytuacji, w której kąt załamania będzie równy 90° , a światło będzie „ślizgało się” po granicy ośrodków (Rys. 2.). Kąt padania nazywamy wówczas **kątem granicznym** α_{gr} .



Rys. 2. Światło padające na granicę ośrodków pod kątem granicznym „ślizga się” po tej granicy.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Jeśli nadal będziemy zwiększali kąt padania, wówczas zjawisko załamania nie zajdzie. Obserwować będziemy tylko odbicie (Rys. 3). Mówimy wówczas o [całkowitym wewnętrznym odbiciu](#). Zjawisko to zostało opisane w pierwszej połowie XIX stulecia niezależnie przez Jacquesa Babinet i Jeana-Daniela Colladona.



Rys. 3. Jeśli $n_1 > n_2$ oraz kąt padania jest większy od kąta granicznego, zjawisko załamania nie zachodzi, mamy wówczas do czynienia z całkowitym wewnętrznym odbiciem światła.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Pozostaje zatem pytanie, czym jest [kąt graniczny](#)? Otóż jest to maksymalny kąt padania światła, przy którym możemy jeszcze mówić o zjawisku załamania. Wówczas po przejściu

przez granicę ośrodków promień „ślizga się po tej granicy”, a kąt załamania wynosi 90° (Rys. 2.). Prawo załamania światła przyjmuje więc postać:

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

Przekształcając powyższy wzór otrzymujemy:

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

Sinus **kąta granicznego** przyjmuje zatem wartość równą ilorazowi współczynników załamania. Z pomocą kalkulatora bądź tablic trygonometrycznych szukamy takiego kąta, dla którego wartość funkcji sinus będzie najbliższa wspomnianemu ilorazowi. W matematyce operacja taka nosi nazwę funkcji arcus sinus (czyli funkcji odwrotnej do funkcji sinus) i zapisywana jest w następujący sposób:

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

Jeśli zatem fala świetlna pada na granicę dwóch ośrodków w taki sposób, że kąt padania jest większy niż $\arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$, wówczas mówimy o **całkowitym wewnętrznym odbiciu**.

Zjawisko to znalazło wiele zastosowań, na przykład w telekomunikacji, medycynie czy jubilerstwie. Więcej na ten temat dowiesz się z materiału „Gdzie w praktyce znajduje zastosowanie całkowite wewnętrzne odbicie?”.

Słowniczek

Całkowite wewnętrzne odbicie światła

(ang. *total internal reflection*) zjawisko polegające na tym, że światło padające na granicę dwóch ośrodków od strony ośrodka o większym współczynniku załamania pod kątem większym od kąta granicznego nie ulega załamaniu, lecz odbija się całkowicie, zatem energia światła padającego zostaje odbita do pierwszego ośrodka.

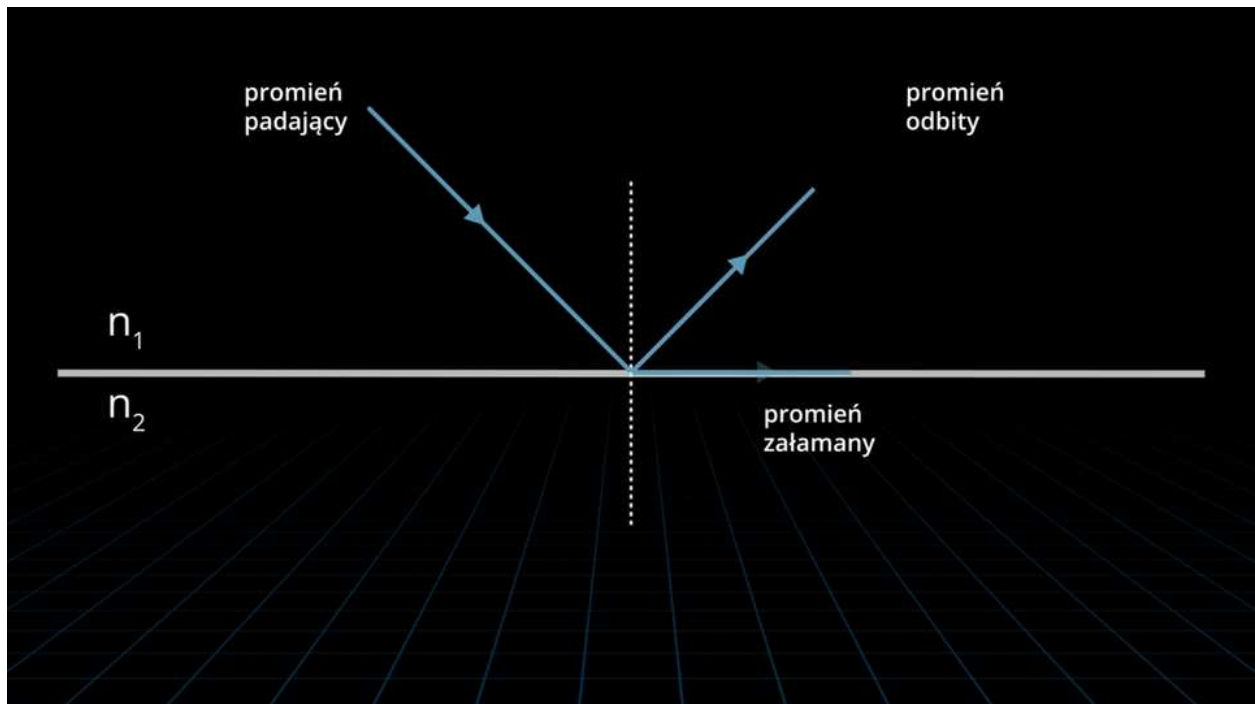
Kąt graniczny

(ang. *critical angle*) maksymalny kąt padania światła na granicę dwóch ośrodków, dla którego zachodzi zjawisko załamania.

Animacja

Co to jest całkowite wewnętrzne odbicie?

Niniejsza animacja pozwoli ci zrozumieć, na czym polega zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RWX8amA2j39Yq>

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją animacji.

Polecenie 1

Do szklanej miski (najlepiej o pionowych ściankach) wlej wodę i połóż na dnie monetę. Następnie podnieś miskę nad głowę i powoli odsuwaj miskę od siebie obserwując od dołu powierzchnię wody. W pewnym momencie dostrzeżesz na powierzchni wody odbicie monety. Czy wiesz, dlaczego ten moment jest taki szczególny?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wiązka światła przechodzi z powietrza do szkła. Jak zmieni się prędkość i częstotliwość fali tego światła? Czy możliwe jest w tej sytuacji zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia? Wybierz poprawne odpowiedzi.

	wzrośnie	zmaleje	pozostanie bez zmian
prędkość	☐	☐	☐
częstotliwość	☐	☐	☐

Czy możliwe jest w tej sytuacji zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia? ☐ tak / ☐ nie

Ćwiczenie 2



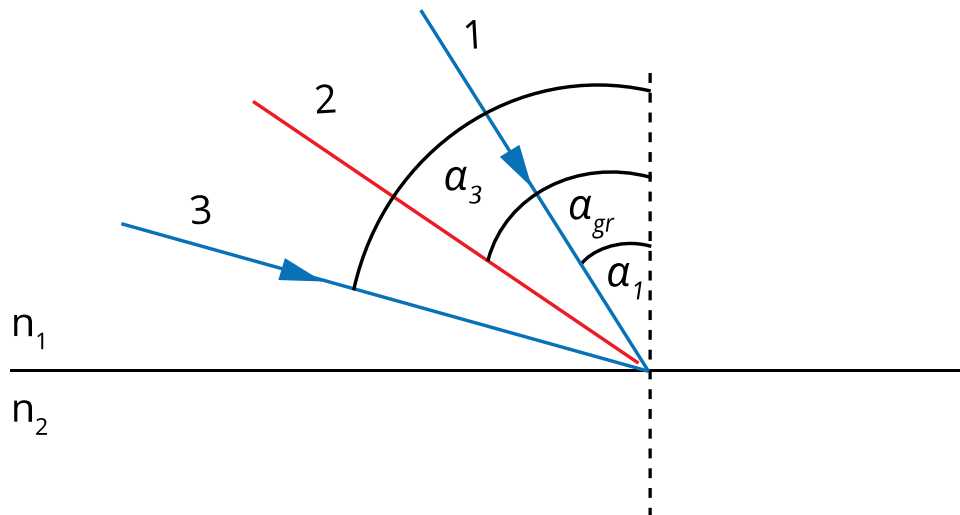
Wybierz poprawne sformułowania.

Jeśli światło pada na powierzchnię graniczną od strony ośrodka o ☐ większym / ☐ mniejszym współczynniku załamania, a kąt ☐ padania / ☐ odbicia jest ☐ mniejszy / ☐ większy od kąta granicznego – czyli ☐ maksymalnego / ☐ minimalnego kąta, dla którego zachodzi zjawisko odbicia/załamania – mówimy wówczas o całkowitym wewnętrznym odbiciu światła.

Ćwiczenie 3



Wiedząc, że $n_1 > n_2$, określ, w przypadku którego z promieni padających będziemy mieli do czynienia ze zjawiskiem całkowitego wewnętrznego odbicia:



☐ w przypadku promienia nr 2

☐ w przypadku promienia nr 3

☐ w przypadku promienia nr 1

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

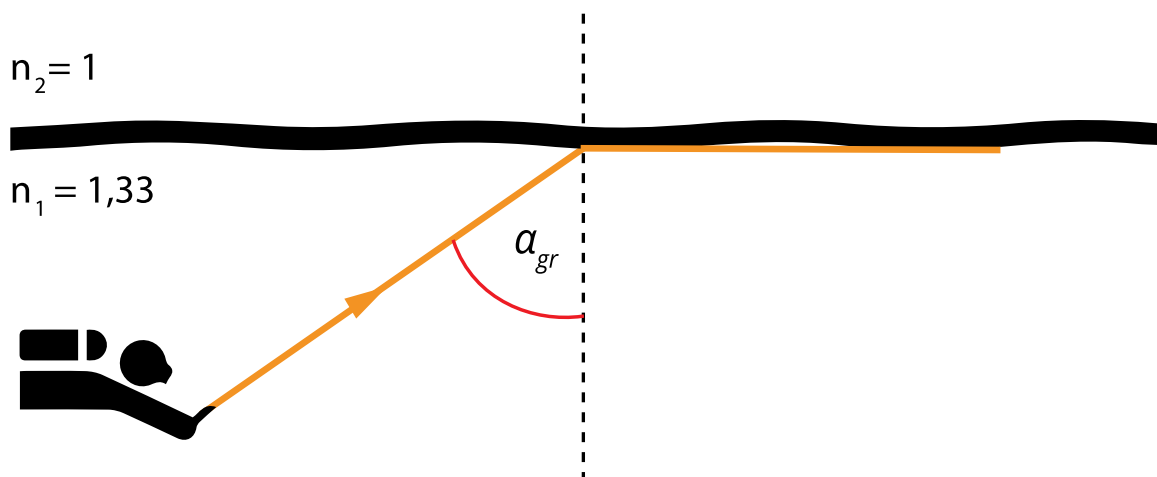
Ćwiczenie 4



Światło przechodząc z pewnej substancji o współczynniku załamania 1,63 do powietrza, ulega zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia. Oblicz kąt graniczny dla tej sytuacji. Wynik podaj w stopniach, w zaokrągleniu do cyfry jedności.

Odpowiedź: °

Ćwiczenie 5



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Pasją Filipa jest nurkowanie. Ostatnio, poznając głębiny jednego z polskich jezior, skierował na powierzchnię wody światło z latarki tak, jak przedstawiono to na rysunku. Światło uległo zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia. Pod jakim kątem Filip skierował wiązkę światła, jeśli wiadomo, że bezwzględny współczynnik załamania światła dla wody w jeziorze wynosi 1,33, zaś dla powietrza 1? Wynik podaj w stopniach, z dokładnością do dwóch miejsc znaczących.

Odpowiedź: °

Ćwiczenie 6



Promień świetlny pada prostopadle na przednią ścianę pryzmatu o kącie łamiącym 60° i współczynniku załamania światła $n = 1,5$. Wyznacz kąt odchylenia promienia wychodzącego z pryzmatu względem pierwotnego kierunku.

Odpowiedź: kąt odchylenia to °

Ćwiczenie 7



Na dnie płaskiego naczynia wypełnionego całkowicie wodą umieszczono punktowe źródło światła. Na powierzchni wody zaś okrągły, płaski krążek, którego środek znajduje się dokładnie nad źródłem światła. Wyznacz promień tego krążka, jeśli wiadomo, że żaden promień emitowany przez źródło nie przejdzie przez powierzchnię wody. Wiadomo, że wysokość naczynia wynosi 15 cm, zaś bezwzględny współczynnik załamania światła dla wody 1,33. Wynik podaj w centymetrach w zaokrągleniu do dwóch miejsc znaczących.

Odpowiedź: cm.

Ćwiczenie 8



Na drodze wiązki równoległych promieni świetlnych postawiono płaską stroną w kierunku wiązki półkulę o promieniu 3 cm wykonaną ze szkła o współczynniku załamania 1,5. Za nią, w odległości 10 cm od środka jej krzywizny, znajduje się biała ściana. Oblicz promień plamy, która zostanie utworzona przez światło na tej ścianie. Wynik podaj w centymetrach, w zaokrągleniu do dwóch miejsc znaczących.

Odpowiedź: cm.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Czym jest zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła i kiedy ono zachodzi?
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:	Zalecenia 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. wyjaśnia, czym jest odbicie i załamanie światła. 2. definiuje kąt graniczny, 3. wyznacza kąt graniczny w oparciu o prawo załamania światła, 4. charakteryzuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła, 5. dostrzega omawiane zjawisko w życiu codziennym.
Strategie nauczania:	ISBE
Metody nauczania:	- merytoryczna dyskusja wprowadzająca, - obserwacja, - podsumowująca rozmowa kierowana.
Formy zajęć:	- dyskusja grupowa, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna / rzutnik

Materiały pomocnicze:	światłowód (jeśli jest dostępny) oraz wskaźnik laserowy
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Pierwszym celem, jak i kluczowym aspektem działań nauczyciela, jest wprowadzenie do tematu i zaciekawienie uczniów poprzez odniesienie do życia codziennego, np. opowiedzenie im o tym, gdzie w przyrodzie mogą spotkać się ze zjawiskiem całkowitego wewnętrznego odbicia światła (np. w światłowodach, w lornetce, podczas obróbki kamieni jubilerskich). Więcej o różnych przykładach można dowiedzieć się w e-materiale: <i>Gdzie w praktyce znajduje zastosowanie całkowite wewnętrzne odbicie?</i> 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 – przypomniana im, czym jest kąt graniczny i ponownie pokazuje przekształcenie prawa załamania dla przypadku granicznego w celu utrwalenia wiadomości,
- nauczyciel mówi uczniom o zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia światła na przykładzie światłowodów – jeśli to możliwe – ukazuje w praktyce zasadę jego działania, jeśli nie – czyni to z wykorzystaniem tablicy lub Internetu,
- uczniowie zadają pytania, jeśli coś, co tłumaczy nauczyciel, jest niezrozumiałe,
- każdy uczeń (indywidualnie) zapisuje w zeszycie przekształcenie powyższego równania tak, by wyznaczyć z niego kąt padania,
- nauczyciel, wspólnie z uczniami, zapisuje rozwiązanie zadania 4 na tablicy.

- Rekonstruowanie wiedzy uczniów poprzez wspólne wykonanie zadań dołączonych do materiału:

- uczniowie wykonują samodzielnie zadania 7 i 8 następnie dobierają się w pary lub zespoły trzyosobowe w celu wzajemnego sprawdzenia rozwiązań i wytłumaczenia sobie rzeczy niejasnych,
- nauczyciel podchodzi do każdej z grup – podpowiada, naprowadza i koryguje ewentualne błędy w rozumowaniu czy rozwiązaniu,
- uczniowie, na tablicy, zapisują rozwiązania zadań i wspólnie z nauczycielem omawiają je.

Faza podsumowująca:	
--------------------------------	--

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

Praca domowa:

Zadaniem ucznia jest samodzielne wykonanie dołączonych do materiału zadań nr 1-3 oraz 5.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Jeśli w sali lekcyjnej znajduje się tablica multimedialna lub rzutnik, nauczyciel powinien zapoznać uczniów z animacją dołączoną do materiału. Jeśli nie ma ku temu warunków, należy zachęcić ucznia do wykonania tego zadania w domu. Należy jednak wcześniej wytłumaczyć mu, czego dotyczy medium.