

PAKIET MATERIAŁÓW DYDAKTYCZNYCH

do kształcenia na odległość dla nauczycieli
fizyki w liceum i technikum

Projekt „Wsparcie placówek doskonalenia nauczycieli i bibliotek pedagogicznych w realizacji zadań związanych z przygotowaniem i wsparciem nauczycieli w prowadzeniu kształcenia na odległość”

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
Materiał opracowany w ramach grantu nr 6/9/2021 przez Powiatowy Ośrodek
Doskonalenia Nauczycieli w Giżycku

SCENARIUSZ ZAJĘĆ DLA: uczniów liceum ogólnokształcącego i technikum, szkoły branżowej II stopnia, zakres podstawowy

PROWADZONYCH PRZEZ: nauczyciela fizyki

TEMAT: ZJAWISKO ZAŁAMANIA FALI

CELE KSZTAŁCENIA – WYMAGANIA OGÓLNE (Podstawa programowa):

- I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- II. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.
- III. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

TREŚCI NAUCZANIA – WYMAGANIA SZCZEGÓŁOWE,

Wymagania przekrojowe. Uczeń:

3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;

10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;

13) 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;

8) opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie;

METODY PRACY:

Metody bazujące na konstruktywizmie:

- 1) Ustalenie zakresu zadań;
- 2) Przekazywanie treści z dokładnym ich opisem;
- 3) Realizacja eksperymentów, badań i innych zadań;
- 4) Obserwacja doświadczeń np. na filmie;
- 5) Webinarium podsumowujące;
- 6) Test.

FORMY PRACY

Praca zdalna z całą klasą (praca zbiorowa) z wykorzystaniem Zintegrowanej Platformy Edukacyjnej. Praca samodzielna ucznia.

ŚRODKI DYDAKTYCZNE:

- 1) komputery uczniowskie i nauczyciela z dostępem do Internetu i aplikacją do nauczania zdalnego np. Microsoft Teams;
- 2) zestaw optyczny do badania załamania światła;
- 3) symulacja interaktywna;
- 4) Zintegrowana platforma edukacyjna - lekcja „ZJAWISKO ZAŁAMANIA FALI”
Autor Elżbieta Andrulonis link <https://moje.zpe.gov.pl/dolacz/77465700>
(dostęp 12.03.2022) lub <https://moje.zpe.gov.pl/b-shared-owner/PrriS6BhD>
(dostęp 28.03.2022)

PRZEWIDYWANY CZAS:

45 minut (w tym 20 minut pracy własnej ucznia).

PROPONOWANY PRZEBIEG ZAJĘĆ:

Część 1. Wprowadzenie (ok. 5 minut)

Uczniowie na swoich komputerach uruchamiają aplikację do nauczania zdalnego stosowaną przez szkołę. Nauczyciel wita uczniów. Formalne sprawdzenie obecności nie jest konieczne, ponieważ aplikacja pozwala na automatyczne notowanie frekwencji. Przy pomocy aplikacji nauczyciel udostępnia zawartość swojego komputera, następnie przechodzi na Zintegrowaną Platformę Edukacyjną i uruchamia lekcję „ZJAWISKO ZAŁAMANIA FALI” autor Elżbieta Andrulonis.

Nauczyciel stara się zaciekać uczniów tematem, prezentując specjalnie przygotowany film „Iluzja”.

Przykładowy dialog nauczyciela

Czy lubicie sztuczki magiczne? Niezależnie od waszego stosunku do tego rodzaju twórczości, obejrzyjcie film „*Iluzja - pojawiająca się moneta*”.

Nauczyciel prezentuje film.

Link do filmu <https://moje.zpe.gov.pl/dolacz/77465700> (dostęp 12.03.2022)

lub <https://moje.zpe.gov.pl/b-shared-owner/PrriS6BhD> (dostęp 28.03.2022)

Moneta na dnie kubka początkowo była niewidoczna. Dlaczego zobaczyliśmy ją po nalaniu wody do kubka? Czy to czary? Dowiedzie się tego na dzisiejszej lekcji.

Pracując na tej lekcji:

- dowiesz się, na czym polega zjawisko załamania fali,
- nauczysz się przewidywać zmianę długości fali po załamaniu,
- nauczysz się przewidywać bieg fali po załamaniu,
- poznasz i zrozumiesz prawo załamania,
- podasz przykłady zjawiska załamania fali świetlnej w otoczeniu.

Część 2. Samodzielnie zapoznanie się z materiałami lekcji na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej „ZJAWISKO ZAŁAMANIA FALI”. (około 12 minut).

Link (<https://moje.zpe.gov.pl/dolacz/77465700>) (dostęp 12.03.2022)

lub <https://moje.zpe.gov.pl/b-shared-owner/PrriS6BhD> (dostęp 28.03.2022)

Nauczyciel prosi uczniów o samodzielną i uważną analizę fragmentu lekcji „Opis zjawiska załamania fali” oraz wykonanie notatek. Informuje uczniów, że w trakcie pracy mogą prosić o dodatkowe wyjaśnienia.

Treść lekcji:

W jednorodnym ośrodku materialnym fale rozchodzą się z niezmienną, charakterystyczną dla tego ośrodka prędkością.

Przykłady prędkości różnych fal:

Prędkość dźwięku:

- w powietrzu: $v = 340 \text{ m/s}$
- w wodzie $v = 1500 \text{ m/s}$
- w lodzie $v = 3300 \text{ m/s}$
- w betonie $v = 3800 \text{ m/s}$
- w diamencie $v = 18\,000 \text{ m/s}$
- w stali $v = 5100\text{-}6000 \text{ m/s}$
- w gumie $v = 17\text{-}30 \text{ m/s}$

Prędkość fali tsunami:

- w wodzie o głębokości 10 m: $v = 10 \text{ m/s}$
- w wodzie głębokości 2 km: $v = 140 \text{ m/s}$

Prędkość światła (fali elektromagnetycznej):

- w powietrzu: $v = 300\,000 \text{ km/s}$
- w szkłe: $v = 200\,000 \text{ km/s}$

Długość fali w ośrodku, w którym rozchodzi się ona z prędkością v , jest równa:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

objaśnienia:

v – prędkość rozchodzenia się fali,

f – częstotliwość fali, jest to cecha danej fali zależna od częstotliwości drgań źródła, pozostaje niezmienna bez względu na ośrodek, wyrażamy ją w Hz,

λ – długość fali to droga przebyta przez falę w czasie jednego okresu, zależy od rodzaju ośrodka, wyrażamy ją w metrach.

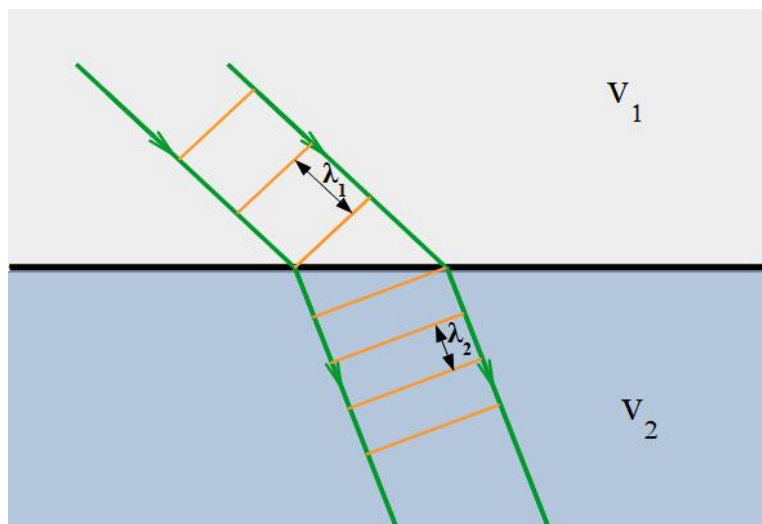
Zatem w ośrodku, w którym fala rozchodzi się z **większą prędkością**, będzie miała **większą długość** niż w ośrodku o małej prędkości rozchodzenia się.

Przejście fali przez granicę dwóch ośrodków

Jeżeli biegnąca fala płaska przejdzie do ośrodka o innych właściwościach fizycznych, to zmieni w nim prędkość rozchodzenia się: przyspieszy lub zwolni. Zmieni się zatem długość tej fali, odpowiednio zwiększy się lub zmniejszy. Przejściu fali przez granicę ośrodków towarzyszy **zmiana kierunku** rozchodzenia się fali.

Ilustrują to poniższe przykłady:

Przykład 1

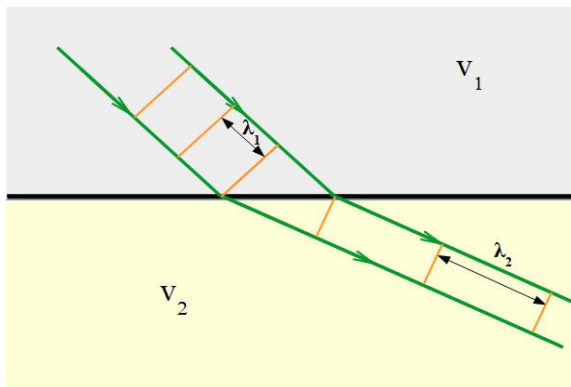


Rysunek 1. Przejście fali do ośrodka o mniejszej prędkości rozchodzenia się.

Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Jeśli $v_2 < v_1$ (fala w nowym ośrodku porusza się wolniej), to $\lambda_2 < \lambda_1$ (fala w nowym ośrodku ma mniejszą długość). Zmienia się też kierunek biegu fali.

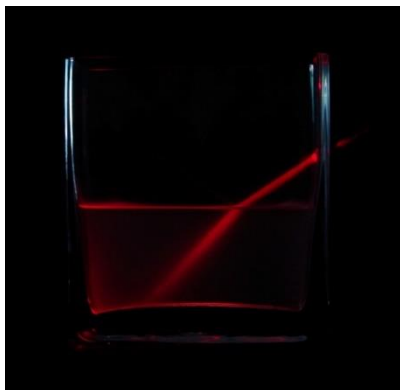
Przykład 2



Rysunek 2. Przejście fali do ośrodka o większej prędkości rozchodzenia się. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Jeśli $v_2 > v_1$ (fala w nowym ośrodku porusza się szybciej), to $\lambda_2 > \lambda_1$ (fala w nowym ośrodku ma większą długość). Zmienia się też kierunek biegu fali.

Zjawisko zmiany kierunku rozchodzenia się fali na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się fali nazywamy **załamaniem fali**.



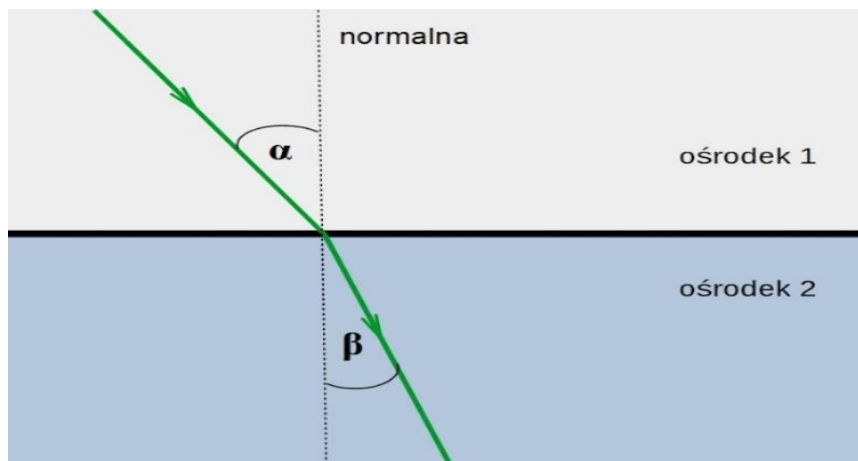
Rysunek 3. Załamanie światła przy przejściu z powietrza do wody. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Zmianę kierunku rozchodzenia się fali na granicy powietrza i wody możemy łatwo zaobserwować dla światła, które jest falą elektromagnetyczną.

Szklane naczynie do połowy napełniamy wodą z kilkoma kroplami mleka (w mętnej wodzie lepiej widać promień światła). Nad wodę wpuszczamy odrobinę dymu (np. po zdmuchnięciu świeczki).

Kierujemy promień światła ze wskaźnika laserowego pod pewnym kątem do powierzchni wody. Widać wyraźnie, że w wodzie promień światła zmienił swój bieg. Takie zjawisko nazywamy **załamaniem światła**.

Prawo załamania



Rysunek 4 Schemat przedstawiający załamanie fali. Autor Elżbieta Andrulonis.
Licencja CC BY 3.0.

Oznaczmy:

normalna - prosta prostopadła do granicy dwóch ośrodków w punkcie padania

kąt padania α – kąt pomiędzy kierunkiem biegu fali padającej a normalną

kąt załamania β - kąt pomiędzy kierunkiem biegu fali załamanej a normalną

Możemy teraz sformułować prawo załamania (prawo Snella):

Prawo załamania (prawo Snella):

Stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania (dla danej pary ośrodków i ustalonego rodzaju fali) jest wielkością stałą.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$$

Współczynnik n to współczynnik załamania ośrodka drugiego względem ośrodka pierwszego, liczbowo jest on równy stosunkowi prędkości fali w tych dwóch ośrodkach.

$$n = \frac{v_1}{v_2}$$

„**Snell van Royen** [snel wan rɔ:jən] **WILLEBRORD, Willebrordus Snellius**, ur. 1580, Lejda, zm. 30 X 1626, tamże, holenderski matematyk, fizyk, astronom i geodeta; od 1615 profesor uniwersytetu w Lejdzie. W latach 1615–17 opracował metodę pomiarów triangulacyjnych za pomocą sieci trójkątów. W roku 1621, po licznych doświadczeniach, sformułował prawo załamania światła (prawo Snella)” (źródło <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Snell-van-Royen-Willebrord;3976919.html>) [dostęp 5.12.2021]

W czasie samodzielnej pracy uczniów nauczyciel upewnia się, czy młodzież rozumie przeczytane informacje, zadając pytania kontrolne, np.:

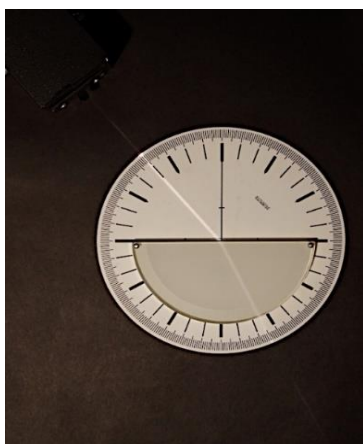
- 1) Fala dźwiękowa przechodząc z powietrza do betonu zwiększy czy zmniejszy długość?
- 2) Jeśli światło wnika z powietrza do wody (Rysunek 3), to zmniejsza czy zwiększa prędkość? Uzasadnij.
- 3) Jak obliczyć współczynnik załamania światła w szkle względem powietrza?

Część 3. Doświadczenia (około 10 minut)

Uczniowie powracają do obserwacji ekranu komputera nauczyciela przy pomocy aplikacji edukacyjnej.

Przykładowa wypowiedź nauczyciela.

Do dyspozycji mam zestaw do badania załamania światła na granicy powietrza i szkła, składający się z przezroczystego walca, na którego przedniej ściance jest umieszczony kątomierz o skali 360° , dolna część walca jest wykonana ze szkła, w górnej znajduje się powietrze.



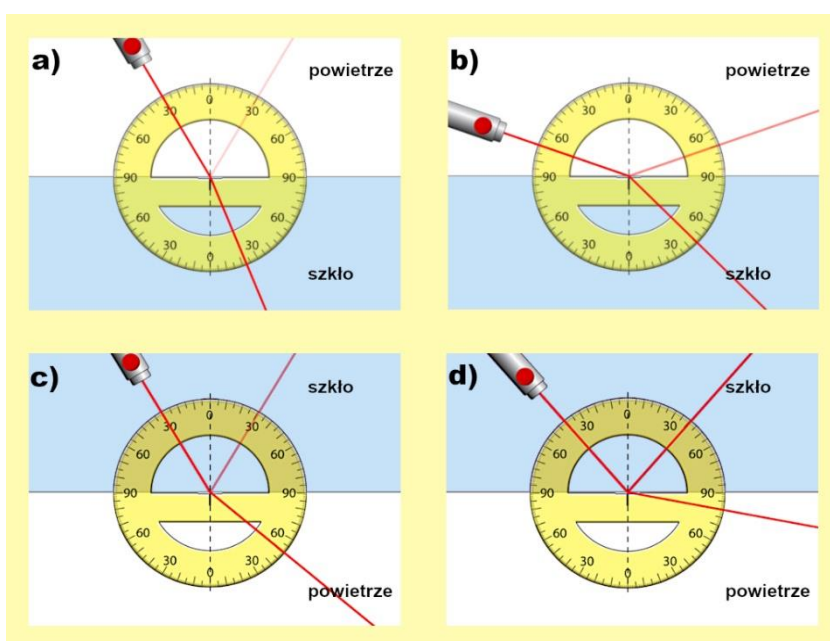
Rysunek 5. Zestaw do badania załamania światła na granicy powietrza i szkła. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Przeprowadzę teraz doświadczenie - pokaz zjawiska załamania światła, który uważnie obserwujcie. Za pomocą wskaźnika laserowego skieruję promień światła od strony powietrza pod kątem ok. 30° do pionu, a następnie pod kątem ok. 60° . Obserwujcie przebieg promienia przez szkło. Następnie walec szklany przesunę do góry i powtórzę czynności kierując promień światła od strony walca szklanego.

Skonfrontujcie własne obserwacje z wnioskami zamieszczonymi w materiale, który poprzednio przeczytaliście.

Na podstawie wyników doświadczenia i rysunku nr 6 wykonajcie następujące zadania.

- 1) Zaobserwujcie bieg promienia padającego i załamanego, wskaźcie normalną, kąt padania i kąt załamania. Sprawdźcie, co się dzieje, gdy zwiększa się kąt padania.
- 2) Odczytajcie wartości kąta padania i kąta załamania dla dwóch wybranych kątów padania przy przejściu światła z powietrza do szkła.
- 3) Odczytajcie wartości kąta padania i kąta załamania dla dwóch wybranych kątów padania przy przejściu światła ze szkła do powietrza.



Rysunek. 6 Symulacja biegu promienia świetlnego na granicy powietrze-szkło (6.a, 6.b) oraz na granicy szkło-powietrze (6.c, 6.d). Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Przeprowadźcie teraz samodzielnie pomiary, korzystając z dostępnych w Internecie symulacji pozwalających badać zjawisko załamania.

Wykorzystajcie symulację wykonaną przez **PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder**, <https://phet.colorado.edu> dostępną dla uczniów na licencji Creative Commons Attribution **CC BY 4.0**.

Link do tej symulacji [dostęp 5.12.2021]

https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pl.html

Obserwacja 1: jeśli kąt padania jest coraz większy, to również odpowiadający mu kąt załamania jest coraz większy.

Obserwacja 2: gdy światło przechodzi do ośrodka, w którym rozchodzi się wolniej, kąt załamania jest mniejszy od kąta padania (promień załamany biegnie bliżej normalnej).

Obserwacja 3: gdy światło przechodzi do ośrodka, w którym rozchodzi się szybciej, kąt załamania jest większy od kąta padania (promień załamany odchyła się od normalnej).

Część 4. Ciekawe efekty załamania światła wokół nas (około 5 minut)

Uczniowie wracają do lekcji ZJAWISKO ZAŁAMANIA FALI – przechodzą do części 4 i zapoznają się z przykładami przedstawionymi na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej.

Nożyczki wystające z wody wyglądają, jakby były przecięte lub wygięte.



Rysunek 7. Nożyczki częściowo zanurzone w wodzie. Autor fotografii Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Niedźwiedź polujący na rybę musi łapać ją nie w miejscu, gdzie widzi rybę, ale głębiej. Załamanie promieni świetlnych wychodzących z wody tworzy iluzję, że ryba pływa bliżej powierzchni wody.



Rysunek. 8 Bieg promienia załamane go biegnącego od przedmiotu w wodzie do oczu obserwatora (niedźwiedzia). Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0.

Część 5. Wykonaj samodzielnie

Przykładowa wypowiedź nauczyciela

Wykonajcie samodzielnie następującą pracę domową.

- 1) W oparciu o powyższe rysunki wyjaśnij pisemnie iluzję z monetą na dnie kubka (film Iluzja).
- 2) Badanie. Nalej wody do garnka. Patrząc z góry na dno oszacuj (w centymetrach), jak wysoki jest poziom wody.
Zanurz w wodzie pionowo linijkę.
Czy udało Ci się poprawnie ocenić głębokość wody?.
Opisz to doświadczenie.
- 3) Podaj inne przykłady zjawiska załamania światła związane z oceną głębokości wody w wannie lub jeziorze.

Wyjaśnienie i opis badania prześlij do mnie.

Część 6. Podsumowanie

Proszę Was o podzielenie się swoimi sukcesami i trudnościami podczas wykonywania ćwiczeń. Które cele lekcji osiągnęliście, a które wymagają jeszcze pracy.

Nauczyciel dyskutuje z uczniami na temat osiągnięcia celów lekcji.

Jeżeli samodzielnie realizujesz tę lekcję, wróć do części pierwszej, przeczytaj cele lekcji i odpowiedz sobie, czy je opanowałeś. Zawsze możesz ją powtórzyć.

Sprawdźcie teraz swoją wiedzę.

Wykonajcie samodzielnie zamieszczone niżej ćwiczenia i wystawcie sobie ocenę. W przypadku błędnej odpowiedzi poprawiajcie do skutku. Przyjmijcie następujące kryteria:

- 1) wszystkie odpowiedzi poprawne za pierwszym razem - celujący,
- 2) jedna poprawka - bardzo dobry,
- 3) nie więcej jak trzy poprawki - dobry,
- 4) nie więcej jak pięć poprawek - dostateczny.

W przypadku większej liczby niż 5 poprawek - powtórzcie lekcję.

Zestaw ćwiczeń podsumowujących umieszczonych w lekcji na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej. Link <https://moje.zpe.gov.pl/dolacz/77465700>

[dostęp 7.03.2022] lub <https://moje.zpe.gov.pl/b-shared-owner/PrriS6BhD>

[dostęp 28.03.2022]

Ćwiczenie 1

Uzupełnij zdania odpowiednimi wyrazami

Prędkość fali zależy od rodzaju ośrodka.

W szkłe fala świetlna porusza się niż w powietrzu.

wolniej

szybciej

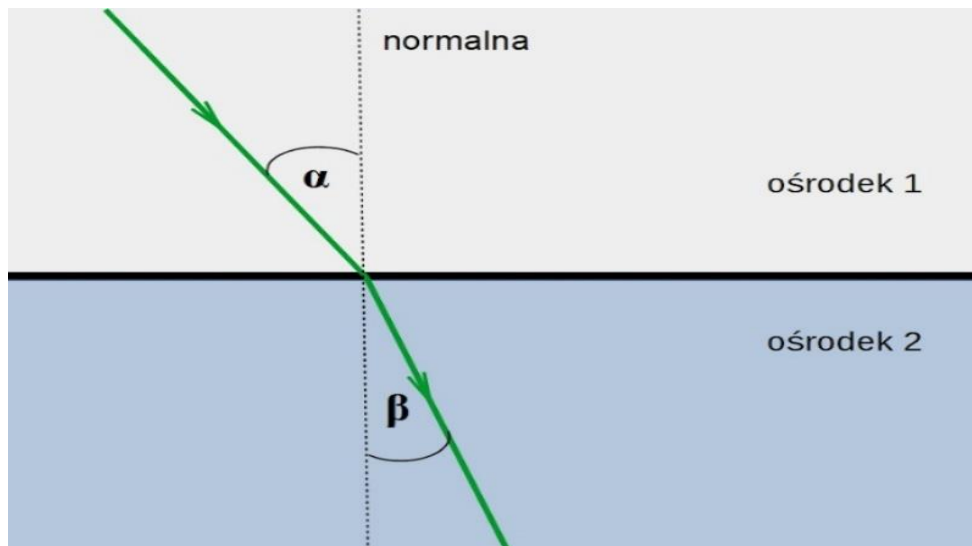
zależy

nie zależy

Ćwiczenie 1. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Ćwiczenie 2.

Schemat przedstawia załamanie fali świetlnej na granicy między szkłem i powietrzem. Zaznacz zdanie poprawnie opisujące sytuację na schemacie.



- światło przechodzi ze szkła do powietrza
- kąt załamania jest większy od kąta padania
- światło przechodzi z powietrza do szkła

Ćwiczenie 2. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Ćwiczenie 3

Załamaniem fali polega na

- Zakrzywieniu fali na granicy dwóch ośrodków
- Zmianie kierunku rozchodzenia się fali na granicy dwóch ośrodków
- Zmianie prędkości fali w nowym ośrodku
- Zmianie kąta padania

Ćwiczenie 3. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Ćwiczenie 4

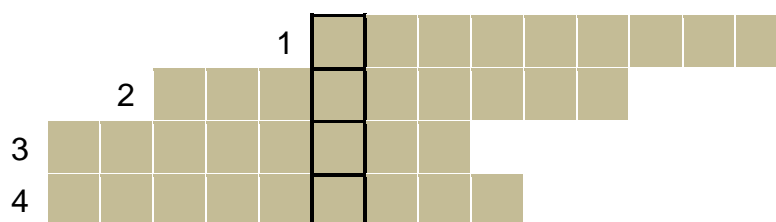
Połącz w pary

Fala, która w drugim ośrodku porusza się szybciej	Jest wielkością stałą
Stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania	Obliczamy dzieląc prędkość fali w pierwszym ośrodku przez prędkość fali w drugim ośrodku
Fala, która w drugim ośrodku porusza się wolniej	Po załamaniu biegnie bliżej normalnej
Współczynnik załamania	Po załamaniu odchyła się od normalnej

Ćwiczenie 4. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Ćwiczenie 5

Rozwiąż krzyżówkę



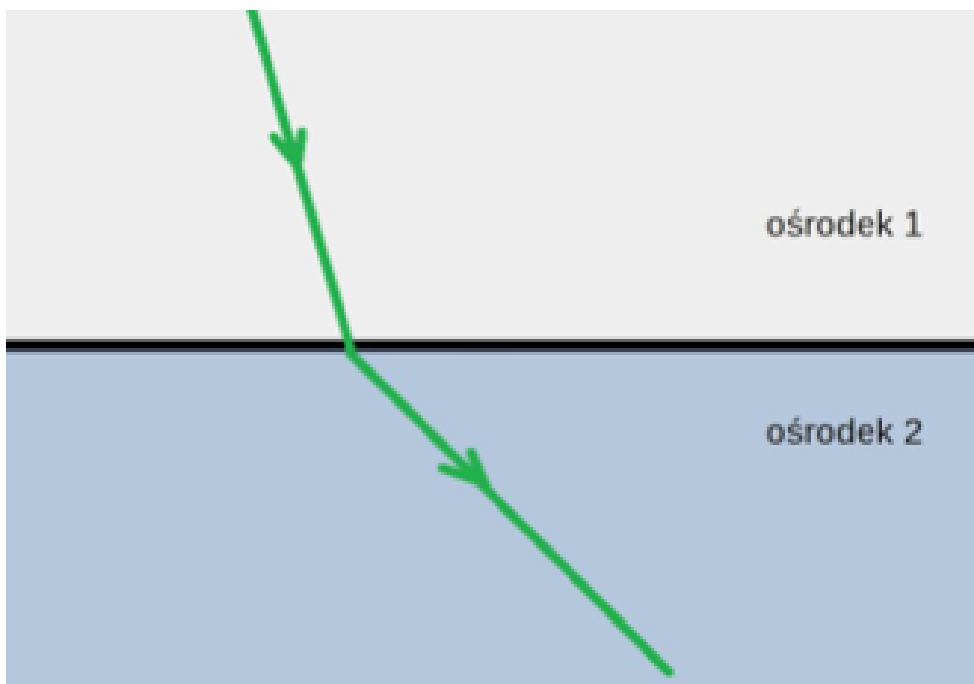
1. Częstotliwość po angielsku.
2. Zjawisko obserwowane na granicy ośrodków o różnych prędkościach rozchodzenia się fali.
3. Prosta prostopadła do granicy ośrodków, wystawiona w punkcie padania.
4. Kąt padania i kąt

Ćwiczenie 5. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Ćwiczenie 6

Schemat przedstawia załamanie światła na granicy między szkłem i powietrzem.

Zaznacz wszystkie zdania prawdziwe.



- W drugim ośrodku fala ma większą prędkość
- Światło przechodzi z powietrza do szkła
- Współczynnik załamania drugiego ośrodka względem pierwszego $n=1,5$
- Współczynnik załamania drugiego ośrodka względem pierwszego $n=0,67$
- Światło przechodzi ze szkła do powietrza

Ćwiczenie 6. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Ćwiczenie 7

Zmierzono, że podczas przejścia światła z powietrza do diamentu dla kąta padania 50 stopni, kąt załamania wynosi 19 stopni. Oblicz prędkość światła w diamentcie i zaznacz poprawną odpowiedź. Wartości sinusów odszukaj samodzielnie.

244 000 km/s

128 000 km/s

200 000 km/s

180 000 km/s

Ćwiczenie 7. Autor Elżbieta Andrulonis. Licencja CC BY 3.0

Prześlij swoją ocenę do nauczyciela.

Dziękuję za udział w lekcji

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Lehman Ludwik, Polesiuk Witold, Wojewoda Grzegorz: *Fizyka 1. Podręcznik. Zakres podstawowy. Liceum i technikum*. Nr dopuszczenia MEN: 999/1/2019.
- 2) Praca zbiorowa: *Fizyka i astronomia*. BC.edu. 2021.
- 3) Mroszczyk W.; Salach J.: *Zbiór zadań z fizyki kurs podstawowy z elementami kursu rozszerzonego*. Część 2. Kraków, 2005
- 4) Encyklopedia PWN [online],: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Snell-van-Royen-Willebrord;3976919.html>, [dostęp 10. 12. 2021].
- 5) Wikipedia, wolna encyklopedia [online], dostępny w: https://pl.wikipedia.org/wiki/Pr%C4%99dko%C5%9B%C4%87_d%C5%Bawi%C4%99ku, dostęp 10.12.2021.