

Fale na powierzchni wody

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film (standardowy)
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Źródło: dostępny w internecie: <https://www.shutterstock.com/image-illustration/water-drop-163928648> [dostęp 15.07.2022], Shutterstock, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe?

Zwykle nie zdajemy sobie sprawy, jak ważną rolę odgrywają fale w naszym życiu. Bez nich nic byśmy nie widzieli, ani nie słyszeli, bo zarówno dźwięk, jak i światło mają charakter falowy. Warto dowiedzieć się, na czym polega rozchodzenie się fal i jakie mają własności. Najłatwiej obserwować fale na powierzchni wody. Wrzucanie kamyków do wody i obserwowanie rozchodzących się kręgów to ulubiona zabawa nie tylko dzieci (Rys. a.). W tym e-materiale na przykładzie fal na powierzchni wody opiszemy mechanizm rozchodzenia się fal i ich własności.



Rys. a. Kręgi na tafli wody

Źródło: Fotografia własna autorki.

Twoje cele

- Zrozumiesz, na czym polega rozchodzenie się fali w ośrodku materialnym.
- Poznasz własności fali kulistej i płaskiej.
- Dowiesz się, na czym polega zasada Huygensa.
- Przeanalizujesz nakładanie się fal przechodzących przez dwie szczeliny.
- Zobaczysz, jak wygląda ruch cząsteczek wody podczas rozchodzenia się fali po jej powierzchni.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Na powierzchnię wody upada kamyk lub kropla wody (Rys. 1.), co zapoczątkowuje rozchodzenie się kręgów. Jaki jest mechanizm tego zjawiska? Kamyk popycha w dół cząsteczki wody, znajdujące się na powierzchni. Jednak te cząsteczki wody związane są z sąsiednimi cząsteczkami siłami **napięcia powierzchniowego**. To dzięki tym siłom powierzchnia wody zachowuje się jak elastyczna błonka. Siła napięcia powierzchniowego pociąga wychylone w dół cząsteczki z powrotem do góry i rozpoczyna się ruch drgający cząsteczek. Energia tego ruchu przekazywana jest sąsiednim cząsteczkom, które też zaczynają drgać i przekazują swoją energię coraz dalej. W ten sposób na powierzchni wody rozchodzi się fala. Istotne jest, że cząsteczki nie zmieniają swego położenia, a tylko drgają wokół swoich położen równowagi. Jeśli na powierzchni wody pływa listek, to fala podnosi go i opuszcza, ale nie przesuwą go w kierunku poziomym.

Rozchodzenie się fali polega na przekazywaniu energii drgań między sąsiednimi cząsteczkami ośrodka.

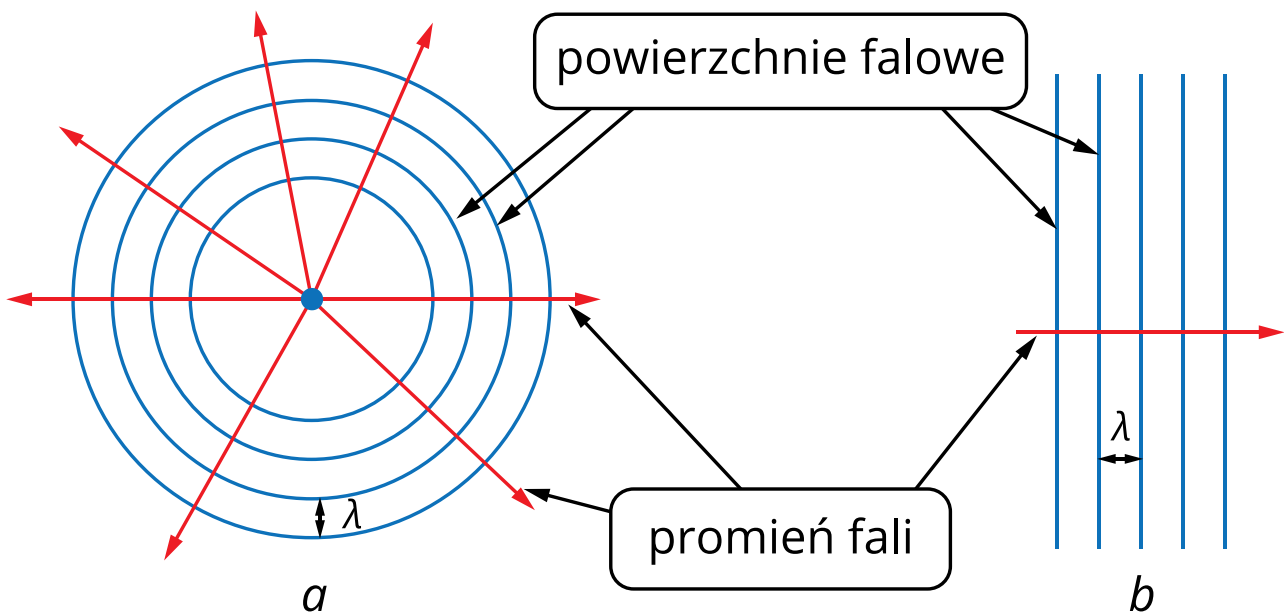


Rys. 1. Fala kolista na powierzchni wody

Na Rys. 1. wyraźnie widać grzbiety i doliny fali. Cząsteczki wody w grzbietach są maksymalnie wychylone do góry, co oznacza, że są w tej samej fazie ruchu drgającego. Podobnie, jak cząsteczki w dolinach maksymalnie wychylone w dół też są w tej samej fazie.

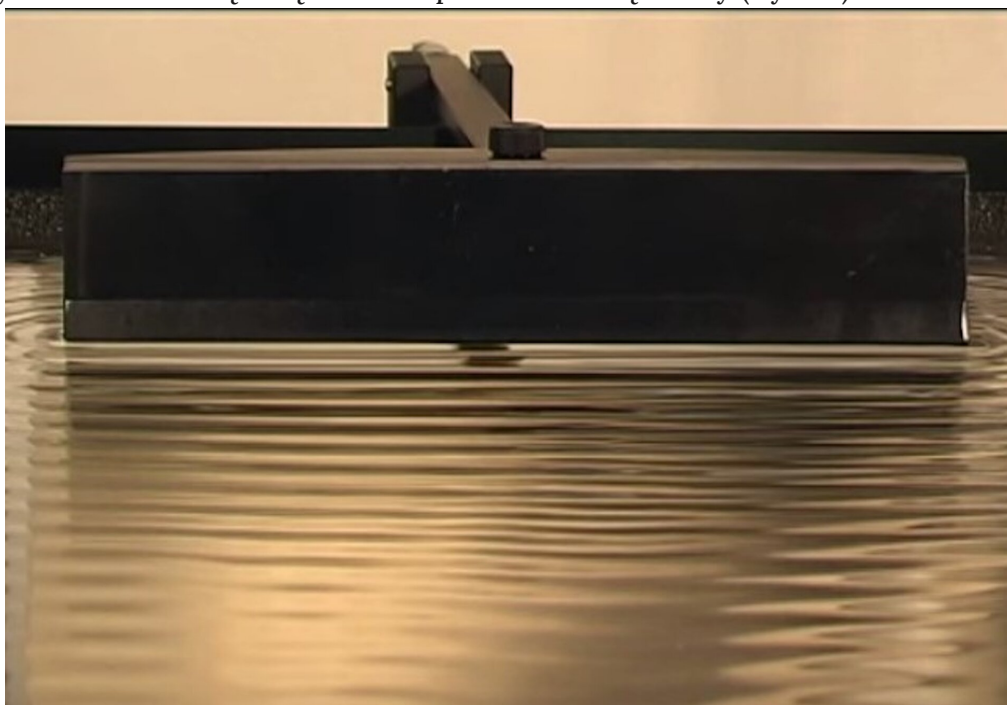
Zbiór punktów ośrodka, przez który przechodzi fala, znajdujących się w danej chwili w jednakowej **fazie drgań, nazywamy powierzchnią falową.**

Powierzchnie falowe pokazane na Rys. 1. mają kształt okręgów. Taką falę nazywamy falą kolistą, a gdy rozchodzi się w przestrzeni trójwymiarowej i powierzchnie falowe są powierzchniami kul – falą kulistą. Powierzchnie falowe są zawsze prostopadłe do promieni fali, które wyznaczają kierunek rozchodzenia się fali (Rys. 2a.).



Rys. 2. Powierzchnie i promienie falowe dla: a) fali kolistej, b) fali płaskiej. Zaznaczono długość fali λ

Fala płaska rozchodząca się w przestrzeni trójwymiarowej ma powierzchnie falowe tworzące płaszczyzny. Natomiast powierzchnie falowe fali płaskiej na powierzchni wody są równoległymi do siebie liniami prostymi (Rys. 2b.). Falę płaską na wodzie można wytworzyć, uderzając rytmicznie krawędzią deski w powierzchnię wody (Rys. 3.).



Rys. 3. Fala płaska na powierzchni wody

Najmniejszą odległość między punktami w jednakowej fazie drgań nazywamy długością fali i oznaczamy grecką literą λ . Długością fali jest więc odległość między kolejnymi grzbietami lub kolejnymi dolinami fali na wodzie.

Czas, w którym cząsteczką wody wykonuje jedno pełne drganie nazywamy okresem i oznaczamy literą T . W tym czasie fala przebywa odległość równą długości fali. Prędkość fali wyraża się więc wzorem:

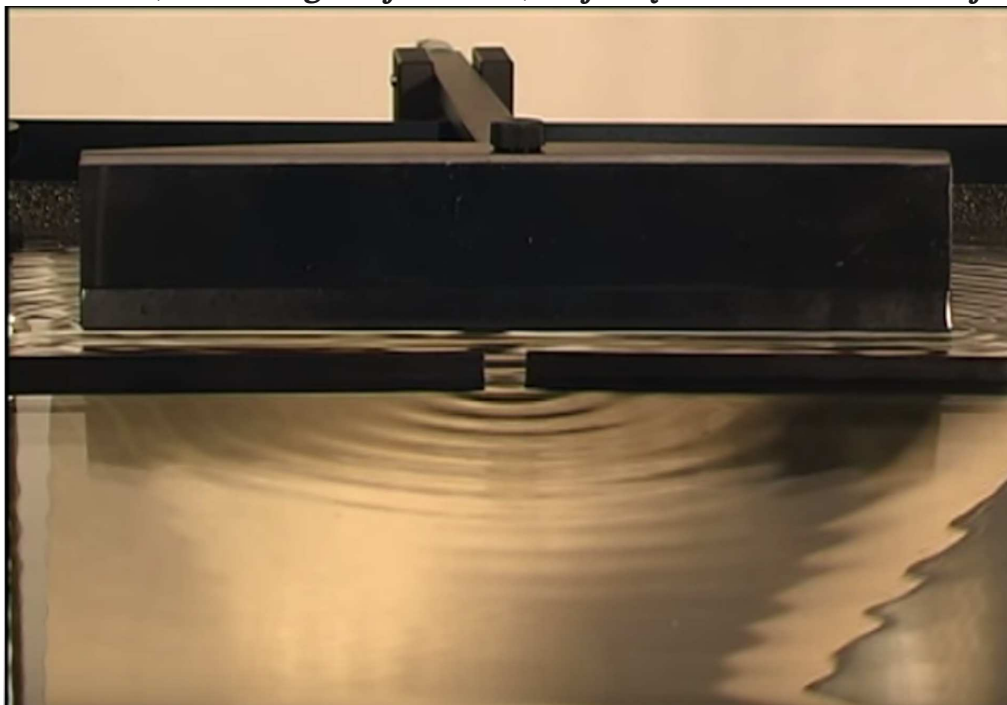
$$v = \frac{\lambda}{T}.$$

Odwrotność okresu drgań to częstotliwość f . Prędkość fali możemy również wyrazić przez długość i częstotliwość fali:

$$v = \lambda \cdot f$$

Co się stanie, gdy fala płaska rozchodząca się na powierzchni wody napotka na wąską szczelinę? Widzimy to na (Rys. 4.) – po drugiej stronie szczeliny pojawia się fala kulista. To świetna ilustracja zasady, którą sformułował Christiaan Huygens (wym. hoejchens) w XVII wieku:

Każdy punkt ośrodka, do którego dojdzie fala, staje się źródłem fali kulistej.

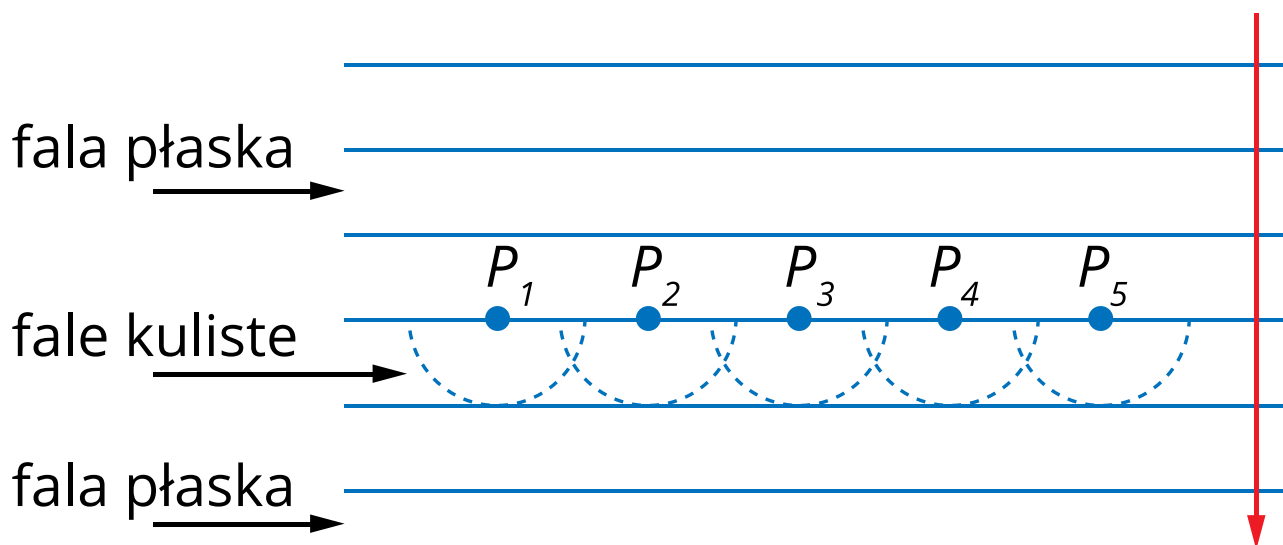


Rys. 4. Fala płaska po przejściu przez szczelinę rozchodzi się jako fala kulista

Gdy wiemy na czym polega rozchodzenie się fali w ośrodku, nietrudno zrozumieć przyczynę zasady Huygensa. Gdy do cząsteczek ośrodka dochodzi fala, zaczyna ona drgać, i swoje drgania przekazuje sąsiednim cząsteczkom otaczającym ją ze wszystkich stron. Jak więc wyjaśnić rozchodzenie się fali płaskiej biegnącej w jednym kierunku?

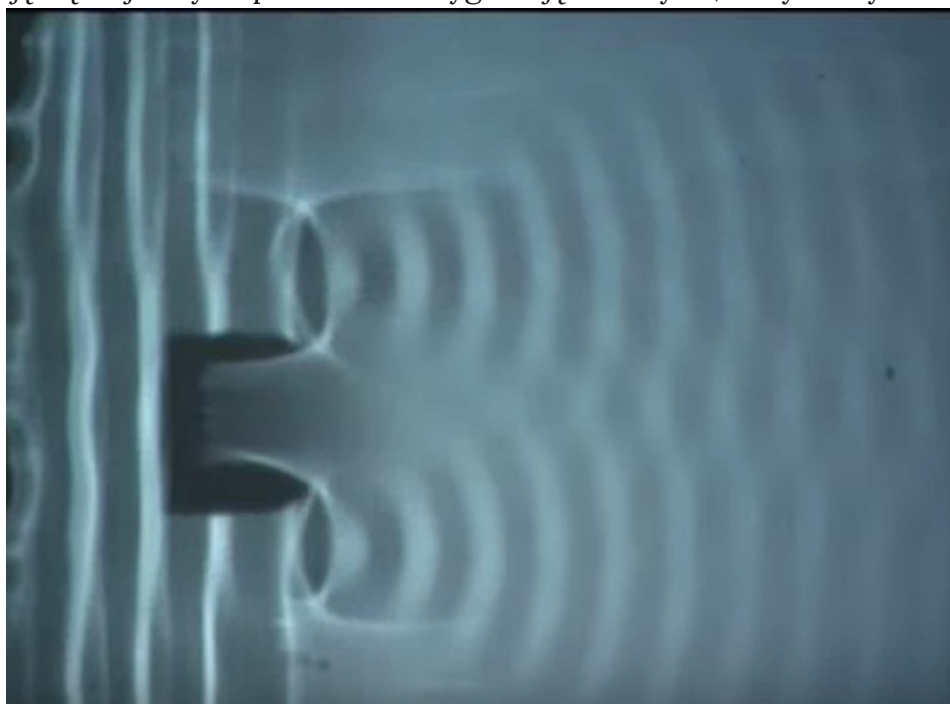
Gdy do jednego punktu dochodzi kilka fal, ruchy drgające cząsteczek ośrodka sumują się. Jest to **zasada superpozycji fal**, mówiąca, że fala wypadkowa, będąca wynikiem nałożenia

się kilku ruchów falowych, jest sumą fal składowych. Popatrz na Rys. 5. Przez ośrodek przechodzi fala płaska. Gdy zaburzenie dociera do punktów P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 , stają się one źródłem elementarnych fal kulistych o jednakowych fazach, które następnie w wyniku superpozycji znów tworzą powierzchnię falową w postaci płaszczyzny.



Rys. 5. Gdy fala płaska dochodzi do punktów P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 , stają się one źródłem elementarnych fal kulistych, które następnie w wyniku superpozycji znów tworzą falę płaską

Zasadę superpozycji fal ilustruje Rys. 6., na którym pokazano przejście fali płaskiej na powierzchni wody przez dwie wąskie szczeliny. Obie szczeliny stały się źródłami fal kulistych, które nałożyły się na siebie. W pewnych miejscach fale spotkały się w przeciwnych fazach i tam nastąpiło wygaszenie fal. Tam, gdzie fale spotkały się w zgodnych fazach, fale uległy wzmocnieniu. Takie nakładanie się fal, w wyniku którego fale wzmacniają się w jednych punktach i wygaszają w innych, nazywamy **interferencją fal**.



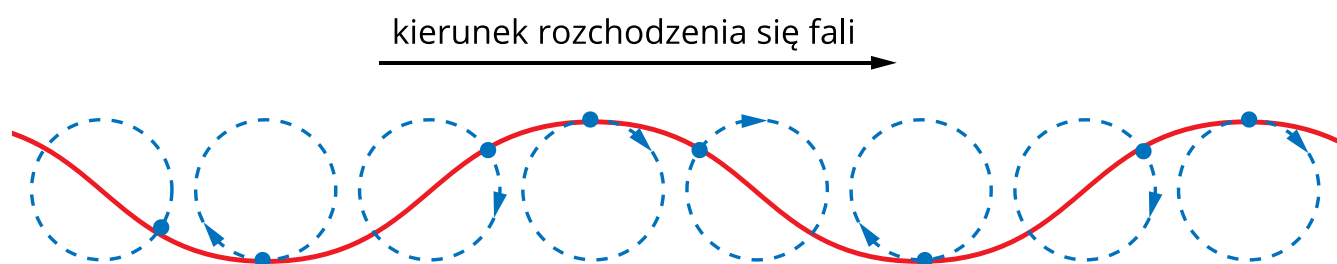
Rys. 6. Przejście fali płaskiej przez dwie szczeliny

Fale dzielimy na podłużne i poprzeczne.

Fala podłużna to taka, w której cząsteczki ośrodka drgają w kierunku **równoległym** do kierunku rozchodzenia się fali. Przykładem fali podłużnej jest fala dźwiękowa, która powstaje w wyniku zagęszczenia lub rozrzedzenia powietrza. Te zagęszczenia i rozrzedzenia przesuwają się coraz dalej, przy czym cząsteczki powietrza drgają w kierunku zgodnym z kierunkiem rozchodzenia się fali.

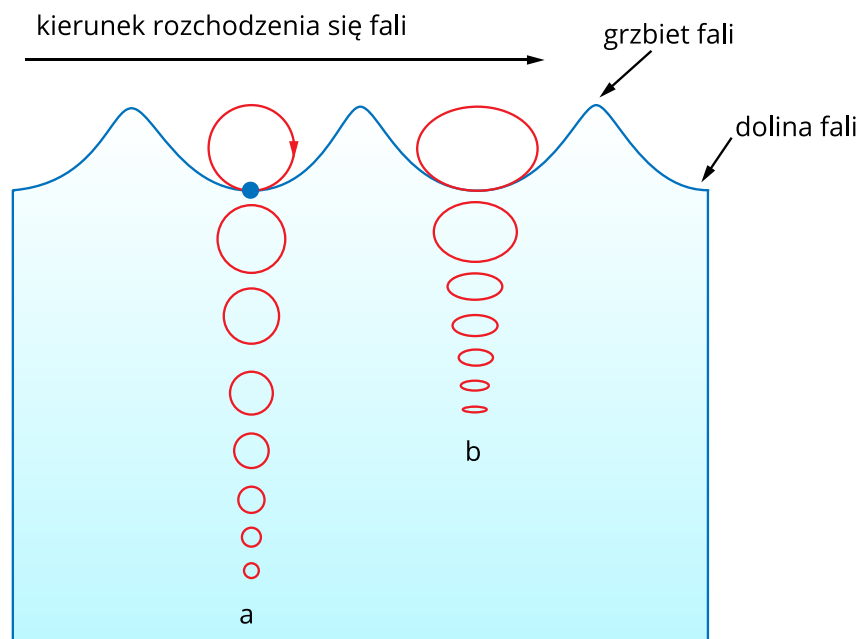
Fala poprzeczna jest falą, w której drgania cząsteczek ośrodka odbywają się w kierunku **prostopadłym** do kierunku rozchodzenia się fali. Przykładem może być fala rozchodząca się w drgającej strunie.

A jaki charakter ma fala na powierzchni wody? Nie jest ona ani podłużna, ani poprzeczna. Drgania cząsteczek wody odbywają się jednocześnie w dwóch kierunkach – prostopadłym i równoległym do kierunku rozchodzenia się fali. Złożenie dwóch prostopadłych ruchów drgających daje w rezultacie ruch po elipsie. Gdy woda jest dostatecznie głęboka, cząsteczki na powierzchni wody poruszają się po okręgach (Rys. 7).



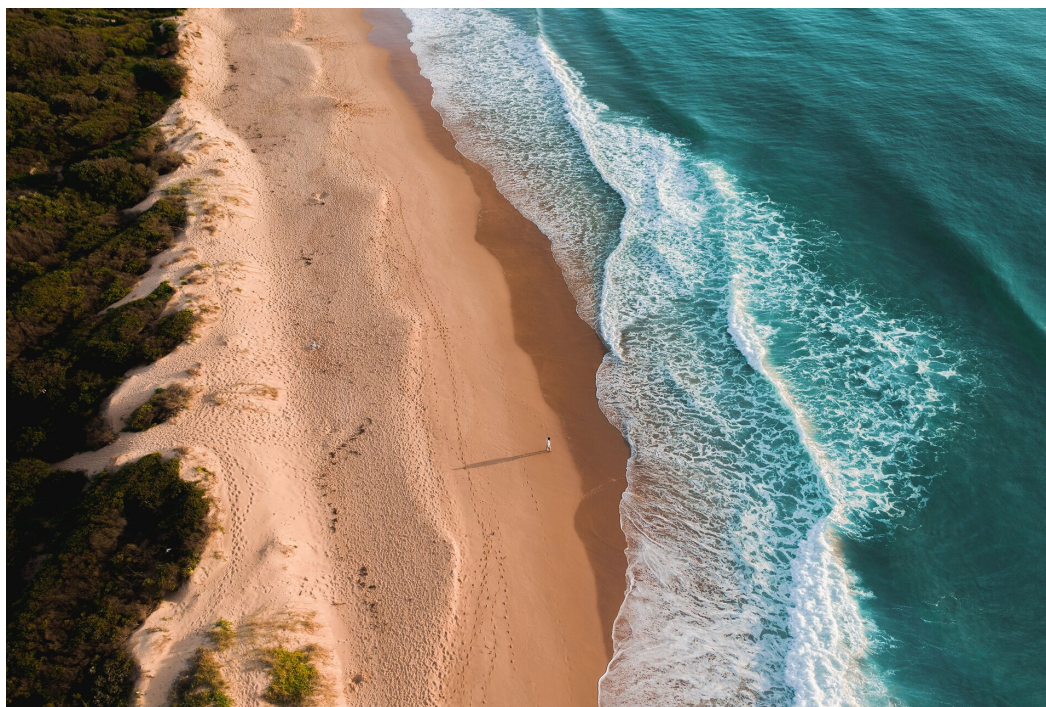
Rys. 7. Gdy na powierzchni wody rozchodzi się fala, cząsteczki wody poruszają się po okręgach

Orbitalny ruch cząsteczek wody zanika wraz z głębokością (Rys. 8a.). Gdy woda jest płytka, dno tworzy opór, który wpływa na ruch orbitalny cząsteczek wody. To prowadzi do spłaszczenia ruchu kołowego w ruch eliptyczny (Rys. 8b.).



Rys. 8. a) Na głębokiej wodzie kołowy ruch cząsteczek maleje z głębokością; b) Na płycznach ruch kołowy zamienia się na eliptycznie spłaszczony – tym bardziej, im płytsza jest woda

W bardzo płytkiej wodzie, jaką widzimy na piaszczystej plaży (Rys. 9.), cząsteczki wody poruszają się już tylko w kierunku poziomym, gdy woda periodycznie zalewa plażę i cofa się.



Rys. 9. Gdy fala dotarła do piaszczystego brzegu, cząsteczki wody poruszają się już tylko w poziomie

Słowniczek

Napięcie powierzchniowe

(ang. *surface tension*) – zjawisko fizyczne występujące na styku powierzchni cieczy z ciałem stałym, gazem lub inną cieczą, dzięki któremu powierzchnia ta zachowuje się

jak sprężysta błona. Przyczyną istnienia napięcia powierzchniowego są siły przyciągania pomiędzy cząsteczkami cieczy.

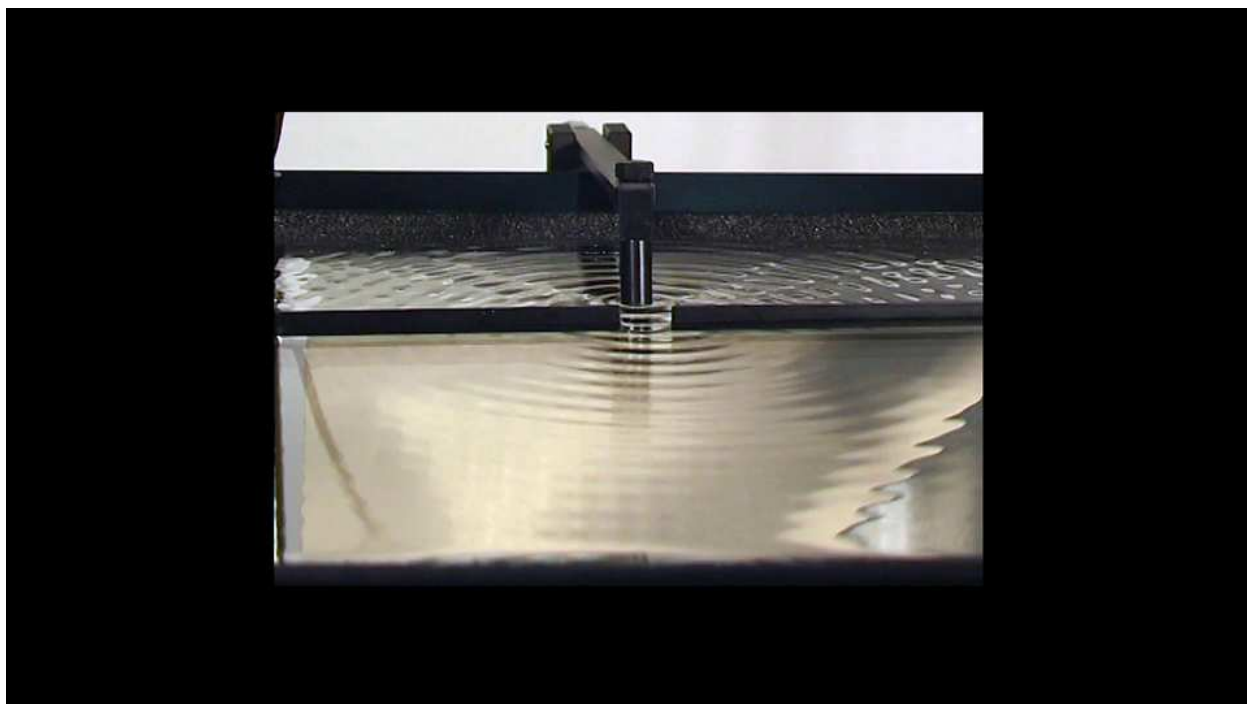
Faza drgań

(ang. *phase of vibration*) – wielkość bezwymiarowa opisująca procesy okresowe, przedstawiająca, w której części okresu znajduje się ciało.

Film (standardowy)

Fale na powierzchni wody

Trwa wczytywanie danych ..



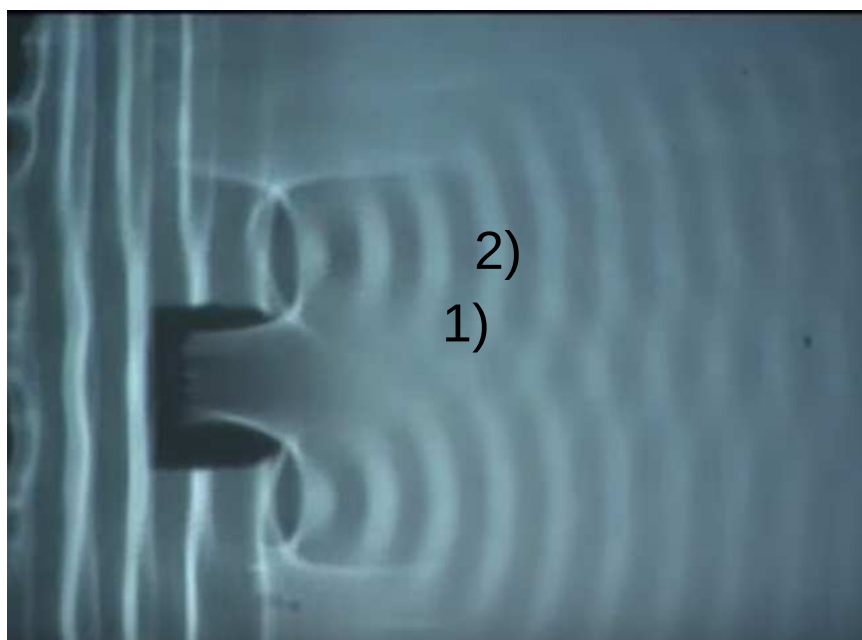
Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R9D7VOvCMHhbc](https://preview/resource/R9D7VOvCMHhbc)

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

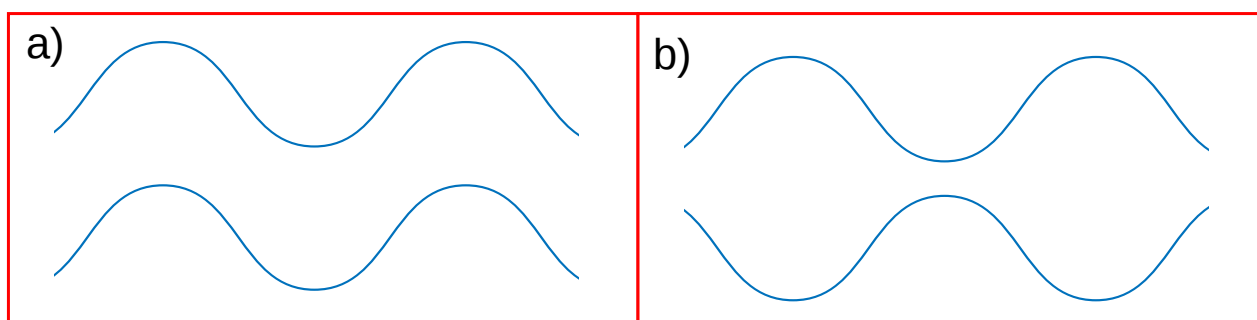
Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Fotografia przedstawia falę płaską na powierzchni wody (z lewej), która przeszła przez dwie szczeliny, które z kolei stały się źródłami fal kolistych (z prawej). Dopasuj do obszaru 1) i 2) odpowiedni rysunek a) i b) przedstawiający spotykające się w tych obszarach fale z obu szczelin.



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



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

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Uczniowie badają fale na wodzie wrzucając do niej klocki o różnych kształtach: prostopadłościanów o podstawie kwadratowej oraz trójkątnej. Wyjaśnij, dlaczego w każdym przypadku powstają fale w kształcie okręgu, a nie np. kwadratu lub trójkąta?

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Fale na powierzchni wody
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

<p>Podstawa programowa:</p>	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach.</p> <p>IX. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>1) opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach.</p> <p>X. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>1) opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych.</p>
<p>Kształtowane kompetencje kluczowe:</p>	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia, na czym polega rozchodzenie się fali w ośrodku materialnym, 2. określa własności fali kulistej i płaskiej, 3. stosuje zasadę Huygensa, 4. analizuje nakładanie się fal przechodzących przez dwie szczeliny, 5. opisuje ruch cząsteczek wody podczas rozchodzenia się fali po jej powierzchni.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Przykłady fal - przykłady rozchodzenia się fal”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Nauczyciel naprowadza uczniów, jak ważną rolę odgrywają fale w naszym życiu. Tłumaczy, że bez nich nic byśmy nie widzieli, ani nie słyszeli, gdyż zarówno dźwięk, jak i światło mają charakter falowy. Uczniowie dowiadują się, na czym polega rozchodzenie się fal i jakie mają własności oraz, że najłatwiej obserwować fale na powierzchni wody. Powstaje dyskusja na temat wrzucania kamyków do wody i obserwowania rozchodzących się kręgów.</p>	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wyświetla obraz lub film pokazujący rozchodzenie się fali na powierzchni wody. Nauczyciel wyjaśnia, że cząsteczki na powierzchni wody związane są siłami napięcia powierzchniowego, które powodują, że powierzchnia wody zachowuje się jak elastyczna błona. Uczniowie zgłaszają pomysły na wyjaśnienie mechanizmu powstawania fali, dochodząc do wniosku, że cząsteczki wody wychylone z położenia równowagi rozpoczynają drgania, a ruch drgający za sprawą sił napięcia powierzchniowego przekazywany jest sąsiednim cząsteczkom. Nauczyciel wyjaśnia, czym są powierzchnie falowe i długość fali. Uczniowie w grupach formułują związek między okresem drgań cząsteczek, długością i prędkością fali. Nauczyciel definiuje falę kulistą (lub kolistą na powierzchni wody) oraz falę płaską. Nauczyciel wyświetla Rys. 4 pokazujący przejście fali płaskiej przez szczelinę i podaje zasadę Huygensa, a następnie wyjaśnia za pomocą Rys. 5, jak w świetle zasady Huygensa rozchodzi się fala płaska. Następnie wyświetla Rys. 6, gdzie fala przechodzi przez 2 szczeliny, a uczniowie próbują wyjaśnić, dlaczego w pewnych obszarach obserwujemy wygaszenie, a w innych wzmocnienie fali.

Nauczyciel tłumaczy, na czym polega podział fal na podłużne i poprzeczne i wyjaśnia, że fale na powierzchni wody nie mieszczą się w tym podziale, bo cząsteczki wody podczas przechodzenia fali poruszają się po okręgach (na głębokiej wodzie) lub elipsach (na pływnicach).

Faza podsumowująca:

Uczniowie oglądają film edukacyjny, pokazujący zjawiska związane z powstawaniem fal na powierzchni wody i w grupach rozwiązują zadanie związane z filmem.

Zadania z zestawu ćwiczeń można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, 1-4 obowiązkowo, do wyboru jedno z pozostałych zadań.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.