

Interferencja fal wysyłanych przez identyczne źródła.

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



Interferencja fal wysyłanych przez identyczne źródła.

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.shutterstock.com/image-illustration/water-drop-163928648> [dostęp 3.05.2022], Shutterstock, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe?

Kiedy słuchasz muzyki organów elektrycznych z dwóch głośników na otwartej przestrzeni, możesz zauważyć ciekawy efekt: niewielkie przemieszczenie się słuchacza może spowodować, że tony brzmią nieco inaczej – niektóre cichną, inne stają się głośniejsze lub zmieniają barwę. Efekt ten staje się wyraźniejszy, gdy obserwujesz go zatykając jedno ucho (bo wtedy skupiasz się na słuchaniu dźwięku tylko w jednym punkcie). Pokazuje to, że kiedy dźwięki wytwarzane są przez więcej niż jedno źródło, ich głośności nie dodają się „po prostu”, ale tworzą w przestrzeni dość skomplikowany wzór zgłośnień i wyciszeń. Podobny obraz wzmocnień i osłabień można zaobserwować również dla innego rodzaju fal harmoniczych – czy to na powierzchni wody, czy to fal świetlnych – wytwarzanych przez dwa identyczne źródła. Jest to wynikiem interferencji fal.

Twoje cele

W tym e-materiale:

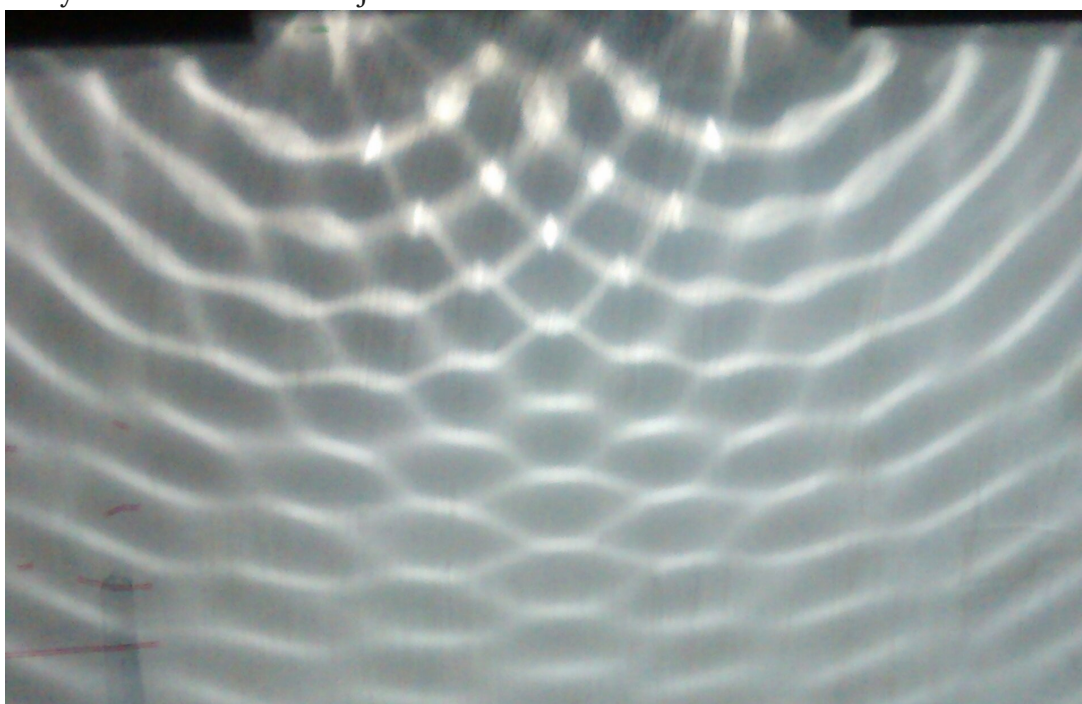
- dowiesz się, jak wygląda obraz wzmocnień i osłabień fal wytwarzanych przez dwa identyczne źródła,
- zrozumiesz, jaki jest mechanizm powstawania tego obrazu w wyniku interferencji,

- przeprowadzisz doświadczenie, dzięki któremu sam zaobserwujesz zjawisko wzmacniania i wygaszania się fal,
- przeanalizujesz jak interferujące fale wzmacniają się lub wygaszają pod różnymi kątami,
- uzasadnisz pogląd, że interferencja fal harmonicznycch z identycznych źródeł prowadzi do powstania w przestrzeni skomplikowanego wzoru wzmocnień i wygaszeń.

Przeczytaj

Warto przeczytać

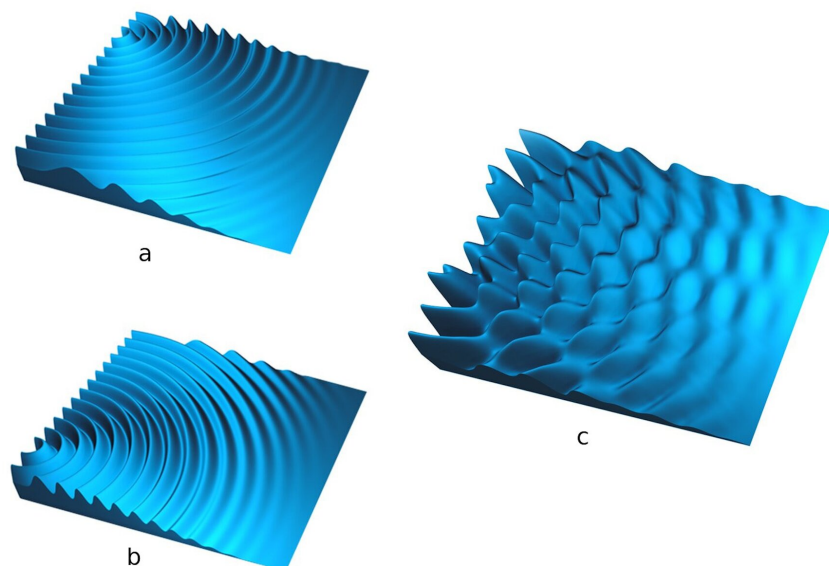
Omówimy teraz, jaka fala powstaje na skutek **interferencji** dwóch fal wysyłanych przez dwa identyczne źródła znajdujące się w różnych miejscach. Nakładanie się **fal harmonicznych** o tej samej częstotliwości i tej samej długości fali – czyli *superpozycję* takich fal – nazywamy *interferencją fal*. Rys. 1. przedstawia interferencję dwóch takich „prawdziwych” fal na powierzchni wody. Rys. 2. pokazuje „w perspektywie” dwie kołowe harmoniczne fale składowe i wynik ich interferencji.



Rys. 1. Fotografia cieniowa interferencji fal z dwóch źródeł punktowych na powierzchni wody

Źródło: Psgs123xyz at English Wikipedia, dostępny w internecie:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2_Source_Interference_as_observed_in_the_Ripple_Tank._Bright_Spots_Can_be_Distinctly_Seen.jpg [dostęp 15.07.2022], licencja: CC 0 1.0. <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.en>.



Rys. 2. Interferencja fal z dwóch źródeł: fale składowe (a,b) i ich nałożenie (c)

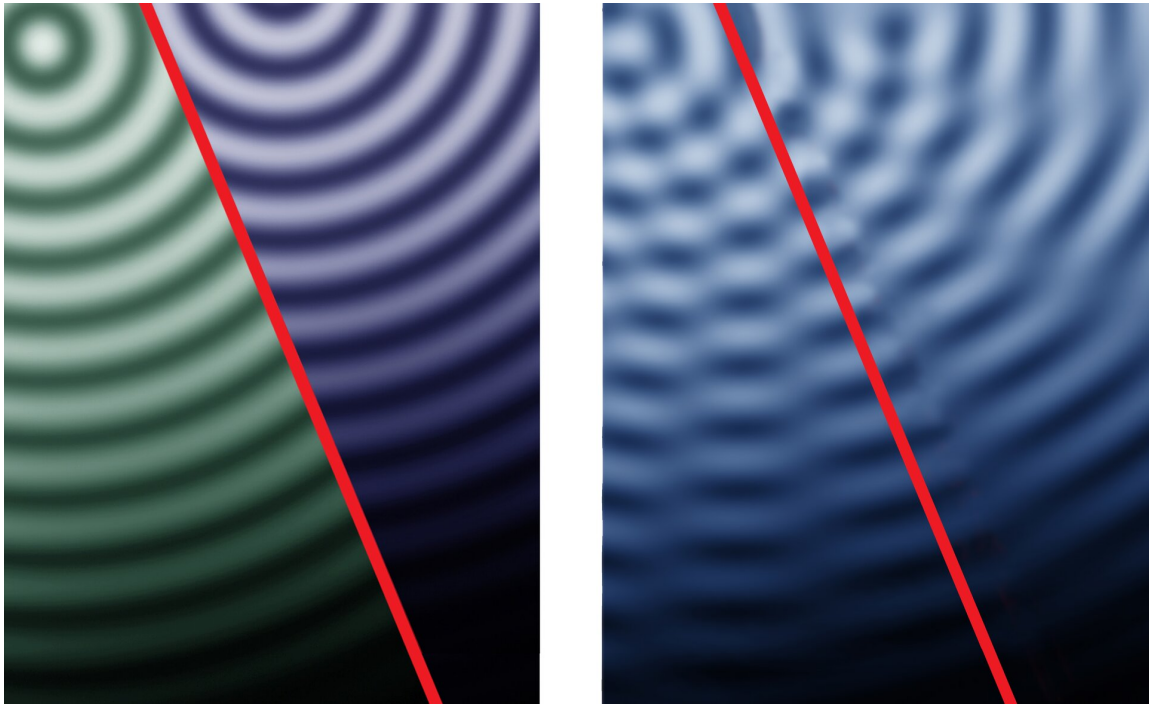
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Przyjrzyj się Rys. 1. i Rys. 2.

- Widzisz na nich charakterystyczne rozszerzające się pasma fal o dużej **amplitudzie**. W tych obszarach fale z obu źródeł się wzmacniają.
- Pomiedzy nimi są pasma, w których fala ma amplitudę bardzo małą. W tych obszarach fale się wygaszają.

Wyjaśnienie zjawiska

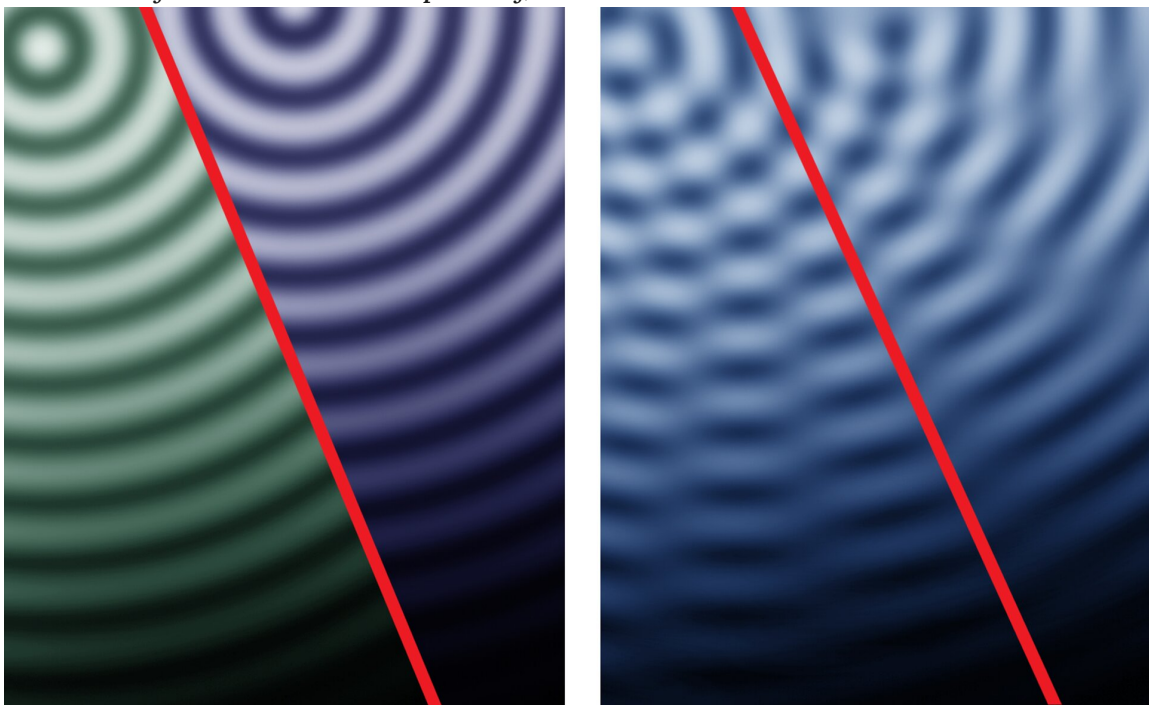
Wzmocnienie fal dla jednego wybranego kierunku wyjaśnia Rys. 3. Przyjmijmy, że obszary ciemne odpowiadają wychyleniu w górę z Rys. 2., teraz przed ekran, a obszary jasne – wychyleniu w dół, czyli za ekran.



Rys. 3. Warunek wzmacniania fal

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

Lewy obraz składa się z dwóch części: po jednej stronie na zielono jest przedstawiona fala kolista, jaka rozchodziłaby się tylko z jednego źródła, w nieobecności drugiego, po drugiej stronie na fioletowo fala, która rozchodziłaby się z drugiego źródła, gdyby nie było pierwszego. Można powiedzieć, że są to wycięte pod odpowiednim kątem fragmenty obrazów na Rys. 2a. i Rys. 2b. i położone obok siebie. Prawy obraz (na niebiesko) przedstawia wynik interferencji obu fal rozchodzących się jednocześnie w całym ośrodku (podobnie do Rys. 2c.). Rozważane fale się wzmacniają. Spotykają się w **fazach** zgodnych: maksima fali lewej z maksimami fali prawej, a minima z minimami.



Rys. 4. Warunek wygaszania fal

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

Gdyby rozciąć obrazy z Rys. 2a. i Rys. 2b. pod innym kątem, wcale nie spotkałyby się na ich sklejeniu wychylenia zgodne, ale właśnie przeciwne: maksima jednej fali z minimami drugiej. Taką sytuację przedstawia lewy obraz na Rys. 4. Na prawym obrazie widać, że kąt ten wyznacza kierunek, w którym interferujące ze sobą fale ulegają wygaszeniu.

Doświadczenie

Spróbuj teraz samodzielnie zaobserwować linie wzmocnienia i wygaszenia fal dźwiękowych. Będą Ci potrzebne do tego dwa głośniki podłączone do komputera i ustawione na stole w odległości około metra jeden od drugiego. Aby zamienić je w źródła fal harmonicznycy, wpisz w wyszukiwarce przeglądarki internetowej hasło „generator akustyczny online” i z pomocą programu, który znajdziesz, wytwórz falę sinusoidalną o częstotliwości 1000 Hz. Możesz też wpisać w wyszukiwarce hasło „1000 Hz sound” i odtworzyć jeden ze znalezionych filmów. Jedna prośba: dbając o uszy sąsiadów, nie odtwarzaj tych dźwięków zbyt głośno, nie będzie to potrzebne.



Rys. 5. Badanie interferencji fal dźwiękowych

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

Postaraj się wybrać do doświadczenia duży pokój, albo wyjdź do ogródka, jeśli masz taką możliwość – zmniejszysz w ten sposób efekt odbijania się fal od ścian pokoju.

Zatkaj teraz jedno ucho i przemieszczaj się tak, jak przedstawia to Rys. 5. Jeśli nie słyszysz wyraźnego efektu, zamiast używać ucha jako detektora, nagraj ten dźwięk za pomocą smartfona, a potem odtwórz, podobnie jak przedstawia to początek animacji.

Słowniczek

fala harmoniczna

(*ang. harmonic wave*) - fala, dla której wykres położenia każdego punktu w czasie można przedstawić jako sinusoidę.

amplituda fali

(*ang. amplitude of a wave*) - dla fali harmonicznej amplitudą fali w danym punkcie nazywamy maksymalną odległość punktu od położenia równowagi.

interferencja fal

(*ang. wave interference*) - efekt nałożenia się (superpozycji) fal pochodzących z różnych źródeł. Nazwa interferencja pochodzi z łaciny. *Inter* - pomiędzy, *ferens* - dopełniacz od *ferentis* - niosący.

faza fali

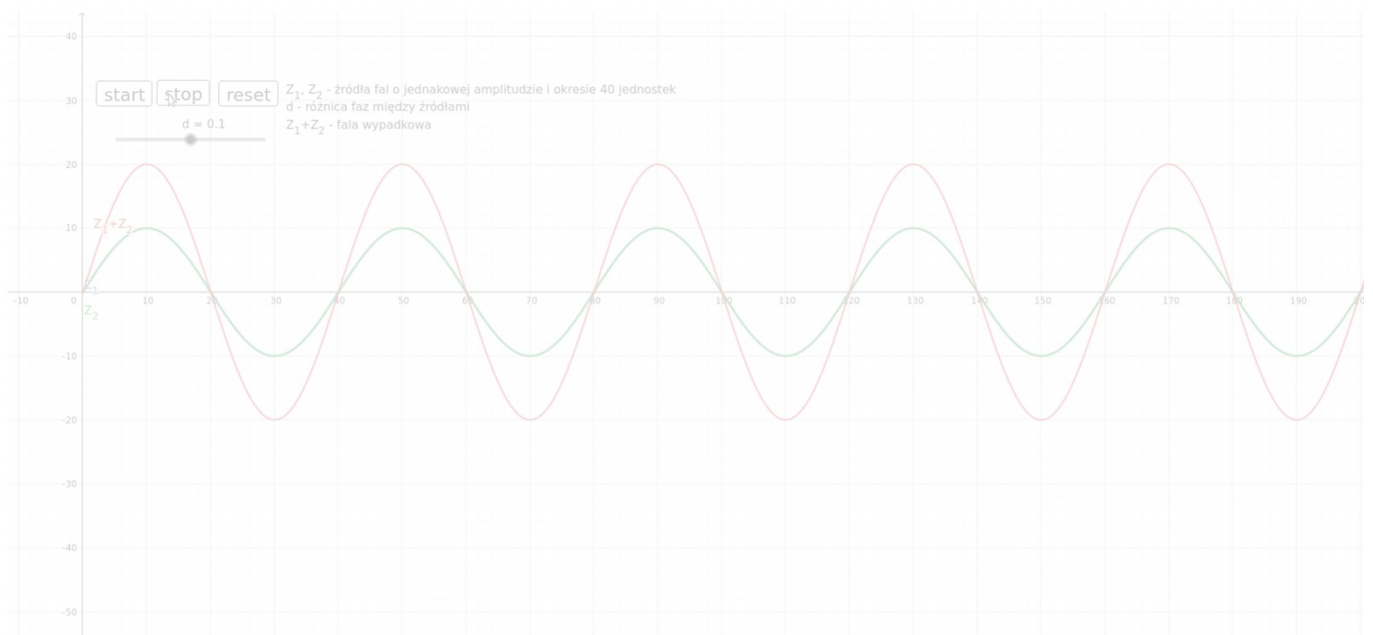
(*ang. phase of a wave*) - w wypadku fal harmonicznych mówi o tym, na jakim etapie ruchu drgającego znajduje się w danej chwili dany element ośrodka, w którym rozchodzi się fala. Mówimy o fazach zgodnych dwóch fal w danym punkcie, gdy w obu falach osobno przemieszczenie w tym punkcie nastąpiłoby w tę samą stronę. Fazy przeciwne oznaczałyby przemieszczenia danego elementu ośrodka w jednej fali w przeciwną stronę niż w drugiej fali.

Symulacja interaktywna

Interferencja fal

Zapoznaj się z symulacją, która składa się z dwóch części. Pierwsza przedstawia sytuację 2D, przy czym fale rozchodzą się z jednego punktu i można sterować różnicą ich faz.

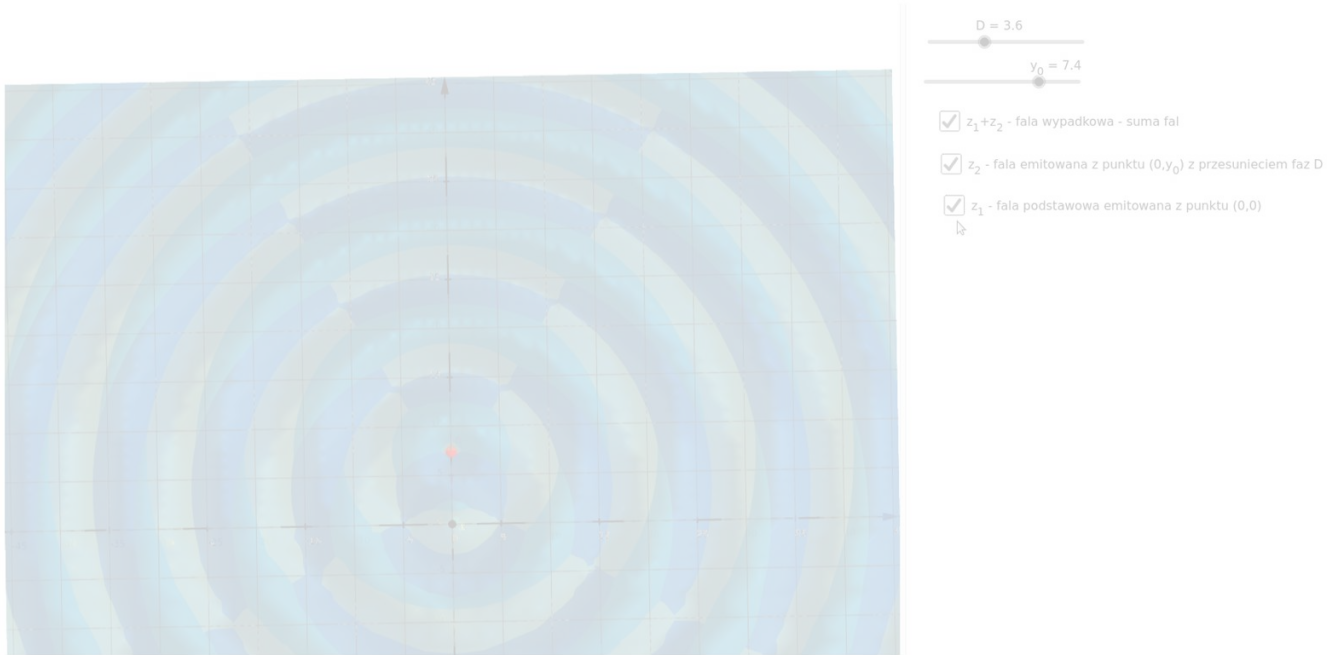
Druga, 3D, pozwala rozdzielać źródła wzdłuż osi OY oraz zmieniać fazę (dla $D=5$ i $y_0=0$ następuje wygaszenie fali przestrzennej).



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DwQsCdpBc>

przypadek 2D

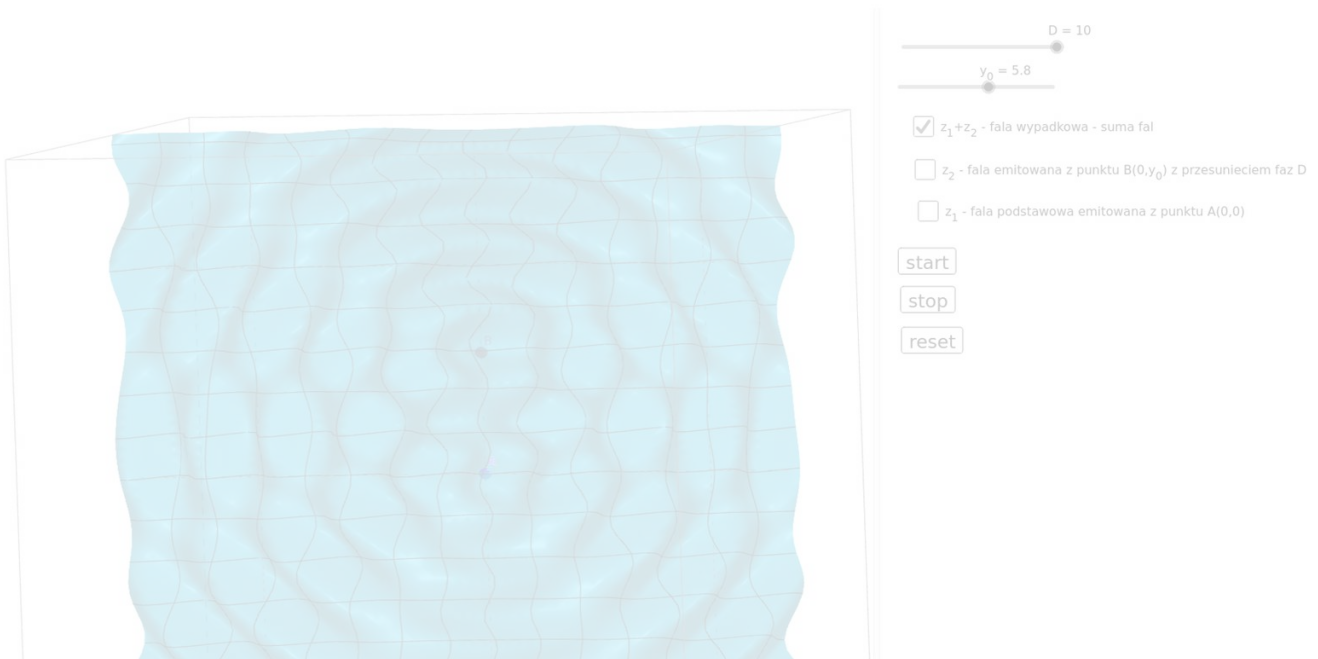
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DwQsCdpBc>

przypadek 3D

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



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DwQsCdpBc>

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

Polecenie 1

Pierwsza symulacja przedstawia w formie dwuwymiarowej interferencję fal harmoniczných pochodzących z dwóch jednakowych punktowych źródeł. Zaobserwuj, kiedy fale się wygaszają, a kiedy widoczne są ich wzmocnienia. Zapisz swoje wnioski.

Polecenie 2

Druga symulacja przedstawia takie samo zjawisko jak część pierwsza, ale w formie trójwymiarowej. Teraz maksima fali mają kolor biały, minima mają kolor ciemnobrązowy, zaś obszary, w których nie ma żadnego wychylenia z położenia równowagi mają kolor jasnobrązowy. Przyjrzyj się rozchodzeniu się wypadkowej fali powstałej z interferencji dwóch źródeł punktowych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Józef Ginter
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Interferencja fal wysyłanych przez identyczne źródła
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;</p> <p>X. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>10) stosuje zasadę superpozycji fal; wyjaśnia zjawisko interferencji fal; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal;</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie 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. odróżnia fale harmoniczne od fal o bardziej złożonych kształtach przebiegów czasowych. 2. wykonuje doświadczenie pokazujące interferencję fal dźwiękowych i analizuje jego wyniki. 3. stosuje zdobytą wiedzę w celu wyznaczenia spodziewanych wyników nakładania się fal z różnych źródeł, a następnie ocenia słuszność swoich przewidywań.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna
Metody nauczania	<ul style="list-style-type: none"> - pogadanka, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - wykład, - praca grupowa.
Środki dydaktyczne:	Projektor multimedialny, komputer z podłączonymi dwoma głośnikami. Ewentualnie oscyloskop i różne instrumenty, w tym organy elektryczne.
Materiały pomocnicze:	e-materiał „Na czym polega zasada superpozycji fal?”, materiały internetowe: generator akustyczny (np. wpisując w wyszukiwarce „generator akustyczny online”, grafiki przedstawiające przebiegi czasowe (np. wpisując w wyszukiwarce „acoustic wave shape flute”).
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	Nauczyciel przedstawia zagadnienia nakładania się dźwięków organów elektrycznych dobowających się z dwóch głośników, zadając pytanie, jaki będzie spodziewany wynik ich nałożenia. Propozycje uczniów zostają hasłowo zapisane na tablicy (np. „głośniej z dwóch niż z jednego głośnika” ...)
Faza realizacyjna:	

1. Zapisy czasowe dla różnych instrumentów. Jeśli jest taka możliwość - nauczyciel z pomocą uczniów może wykonać własny zapis na oscyloskopie, jeśli nie - przykładowe zapisy można znaleźć wpisując w wyszukiwarce internetowej „acoustic wave shape flute”. Uczniowie opisują jakościowo, czym różni się kształt fali z różnych instrumentów i jak wyglądałby ten zapis dla fal harmonicznyc, których niezłym źródłem mogą być proste organy elektryczne.
2. Doświadczenie. Nauczyciel przedstawia oprogramowanie (jeśli nie posiada własnego, można je znaleźć wpisując w wyszukiwarce internetowej hasło „generator akustyczny online”), które zostanie wykorzystane jako generator fal harmonicznyc i tłumaczy przebieg doświadczenia zgodny z opisanym w tekście e-materiału. Uczniowie przygotowują i wykonują doświadczenie, wykorzystując smartfon jako detektor do zapisu dźwięku i obrazu. Wynik nagrania zostaje przeanalizowany przez uczniów.
3. Wyjaśnienie. Nauczyciel przedstawia animację i w formie pogadanki wyjaśnia sposób powstawania wzmocnień i wygaszeń fali.

Faza podsumowująca:

Uczniowie sprawdzają, które przewidywania zgłoszone w fazie wprowadzającej się potwierdziły.

Uczniowie rozwiązują zadanie 6.

Praca domowa:

W domu uczniowie mają wykonać zadania 1-5 oraz 7-8.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimediu:

Animacja służy do wykorzystania na lekcji oraz do powtórzenia wiadomości w domu.