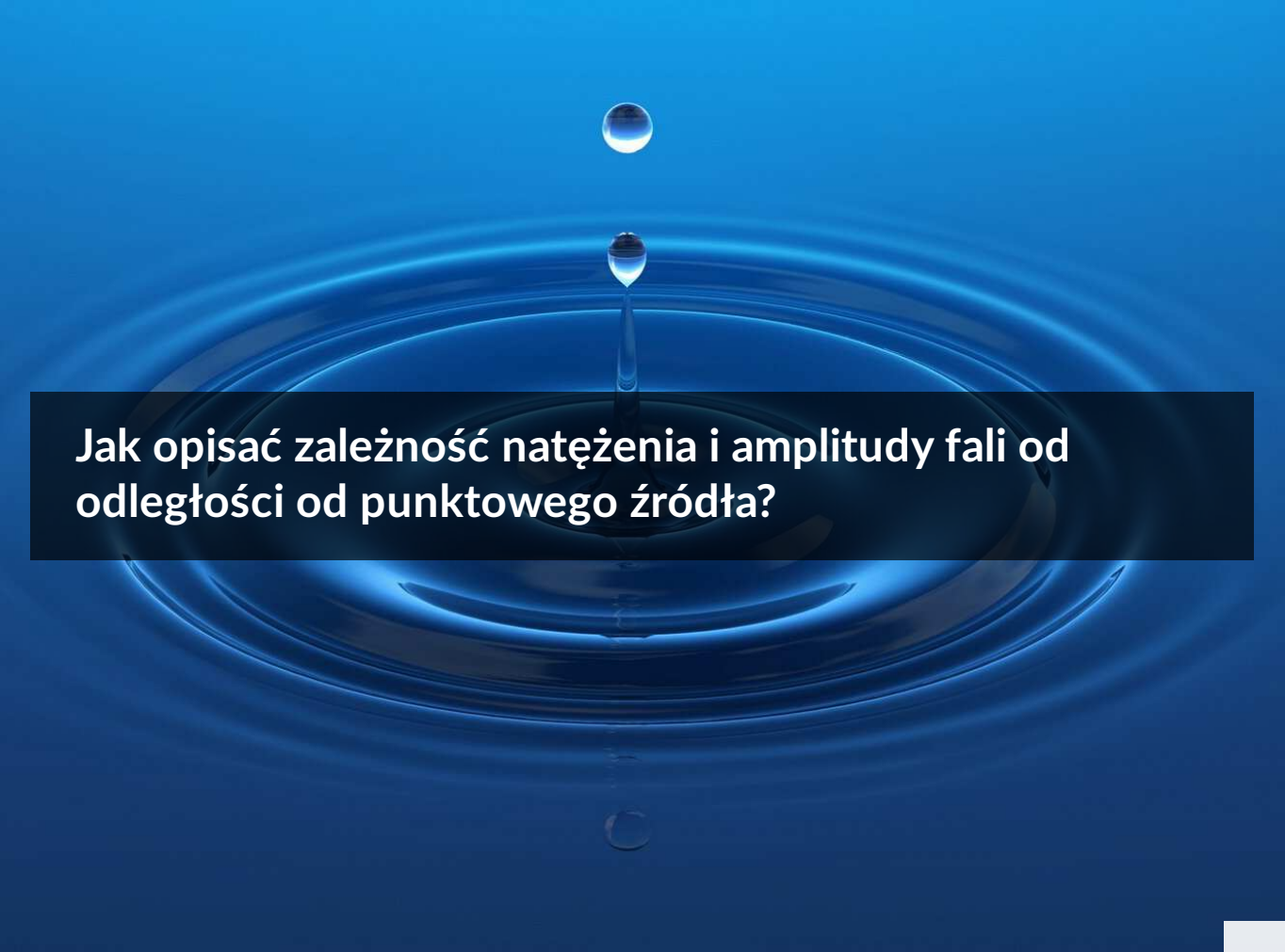




Jak opisać zależność natężenia i amplitudy fali od odległości od punkтового źródła?

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



Jak opisać zależność natężenia i amplitudy fali od odległości od punkтового źródła?

Czy to nie ciekawe?

W życiu codziennym obserwujemy, że dźwięk różnie rozprzestrzenia się w zależności od otoczenia. Potrafimy również ocenić odległość, z której dociera do nas dźwięk o danej głośności. Dźwięk samochodu jadącego drogą przez pola będzie inaczej się roznosił, niż samochodu jadącego ulicą w mieście. Tę zależność wykorzystywano już w starożytności, budując teatry w kształcie półokręgów. Naturalną rzeczą jest, że głośność w ostatnich rzędach teatru jest mniejsza niż tuż przy scenie. Głośność fali dźwiękowej zależy od jej natężenia, a więc i amplitudy.



Rys. a. Starożytny teatr grecki w Epidauros.

Twoje cele

- dowiesz się, w jaki sposób opisujemy energię fali,
- poznasz wpływ mocy źródła na natężenie fali,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz wpływ odległości na natężenie i amplitudę fali,
- zastosujesz poznane zależności do rozwiązywania zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Źródła punktowe

W otaczającym nas świecie często mamy do czynienia ze źródłami fali, które w przybliżeniu można traktować jako punktowe. Tak jest na przykład dla źródeł dźwięku, których rozmiar jest znacznie mniejszy od odległości obserwacji. Jeżeli żaden kierunek w przestrzeni nie jest wyróżniony, powierzchnie jednakowych zgęszczeń czy rozrzedzeń są wtedy sferami (Rys. 1).



Rys. 1. Powierzchnie stałej fazy fali wytworzonej przez punktowe źródło dźwięku są sferami.

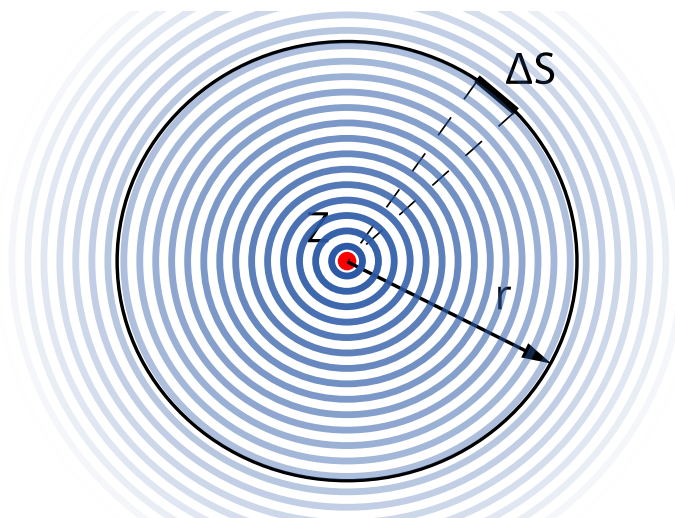
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Taki prosty obraz jest słuszny tylko w pewnym zakresie, bo realna fala zwykle napotyka na swojej drodze jakieś przedmioty, od których się odbija, a także ulega dyfrakcji (ugięciu).

Fala harmoniczna

Założmy, że z takiego punktowego źródła wychodzi harmoniczna fala kulista o okresie T i długości fali λ , która porusza się z prędkością v . Najprościej sobie wyobrazić, że

falę tę wytwarza kuliste źródło Z, które periodycznie rozdyma się i kurczy z okresem T (Rys. 2.).



Rys. 2. Z punkтового źródła Z rozchodzi się harmoniczna fala kulista. Niewielki element ΔS porusza się wzdłuż promienia ruchem harmonicznym od momentu, gdy dotrze do niego fala.

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

Energia fali to suma energii kinetycznej i potencjalnej sprężystości.

Energia kinetyczna

Wydzielmy myślowo w naszym ośrodku malutki element ΔS o masie m . Od momentu, gdy dotrze do niego fala, wykonuje on wzdłuż promienia ruch harmoniczny o okresie T i amplitudzie A zależnej od odległości od źródła $A(r)$. Wartość jego prędkości v zależy więc od czasu, ale i od wartości promienia r . Jego energia kinetyczna opisana jest znanym wzorem:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Wynikają z tego dwa ważne fakty:

1. Energia kinetyczna fali ma charakter „sfer” o wspólnym środku w punkcie Z. Znika w obszarach, w których prędkość w danej chwili jest równa zero. Osiąga maksimum w obszarach, gdzie prędkość ma wartość największą, niezależnie od jej zwrotu.

2. Prędkość ruchu harmonicznego wyróżnionego wyżej elementu jest proporcjonalna do amplitudy $A(r)$

$$v \sim A(r).$$

Oznacza to, że energia kinetyczna jest proporcjonalna do kwadratu amplitudy:

$$E_k \sim A^2(r).$$

Energia potencjalna

Z falą związana jest też deformacja ośrodka, a z nią energia potencjalna sprężystości. Energia ta znika w obszarach, gdzie w danej chwili deformacji nie ma, a jest maksymalna w obszarach największego zgęszczenia i największego rozrzedzenia. Energia potencjalna:

1. Ma więc charakter „sfer”, podobnie jak energia kinetyczna.
2. Jest proporcjonalna do A^2 , co już trochę trudniej wykazać i nie wykonamy tutaj odpowiedniej analizy.

Całkowita energia, czyli suma energii kinetycznej i potencjalnej, rozplywa się od źródła przez ośrodek z prędkością ruchu fali v .

Natężenie fali

Przypuśćmy teraz, że w czasie Δt dużo większym niż okres fali wypływa ze źródła energia ΔE . Średnią mocą źródła nazywamy stosunek tych dwóch wielkości:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}.$$

Ta energia ΔE przepływa w jednostce czasu przez jednostkę powierzchni ustawioną prostopadle do kierunku ruchu fali. Będziemy ją nazywać natężeniem fali i oznaczać I . A zatem:

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta S \cdot \Delta t} = \frac{P}{\Delta S}$$

Jednostką natężenia fali jest W/m^2 .

Fale kuliste

Zależność natężenia od odległości

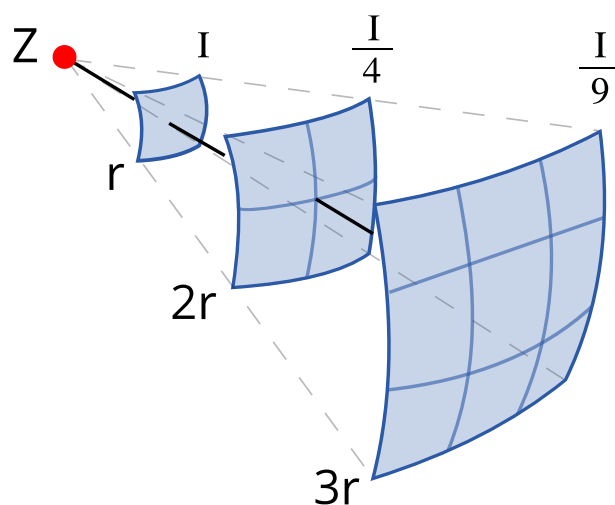
Dla fal kulistych w czasie Δt przez powierzchnię sfery o promieniu r przepływa cała energia ΔE , którą wprowadziło źródło. Powierzchnia sfery jest równa:

$$S = 4\pi r^2$$

Zatem [natężenie fali](#) kulistej dane jest wzorem:

$$I(r) = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Natężenie fali maleje z odległością jak $\frac{1}{r^2}$. Ilustruje to Rys. 3. Taka sama energia przenika w ciągu 1 sekundy przez każdy z trzech narysowanych fragmentów sfer. Jeżeli powierzchnia pierwszego fragmentu jest równa S , to powierzchnia drugiego jest równa $4S$, a trzeciego $9S$.



Rys. 3. Taka sama energia przenika w ciągu 1 sekundy przez każdy z trzech narysowanych fragmentów sfer.

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

Zależność amplitudy fali od odległości

Wiemy, że energia fali, a co za tym idzie jej natężenie, są proporcjonalne do kwadratu amplitudy $A^2(r)$.

$$I \sim A^2(r).$$

Równocześnie natężenie fali jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości:

$$I \sim \frac{1}{r^2}.$$

Z porównania tych proporcjonalności wynika fakt, że amplituda fali musi być odwrotnie proporcjonalna do odległości, jaką fala pokonała:

$$A \sim \frac{1}{r}.$$

Falowody

Często chcemy uniknąć tego, by [natężenie fali](#) szybko malało z oddalaniem się od źródła. Wtedy przesyłamy falę za pomocą rury, ogólnie zwanej **falowodem**. Tego typu urządzenia, zwane rurami głosowymi, łączyły w dawnych parowcach mostek kapitański z maszynownią. Obecnie najpopularniejszym zastosowaniem falowodów są światłowody, które wykorzystują falową naturę światła do szybkiego przesyłania informacji na duże odległości.

Doświadczenie

Możesz samodzielnie przekonać się, jak działa rura głosowa. Do doświadczenia potrzebujesz rurę o średnicy kilku centymetrów i długości kilku metrów. Poproś kolegę do pomocy. Ty będziesz „źródłem dźwięku”, a on „odbiornikiem”, a potem możecie zamienić się rolami.

Niech „źródło dźwięku” mówi szeptem, a „odbiornik” niech porówna natężenia dźwięku:

- kiedy głos dobiega do obserwatora przez otwartą przestrzeń,
- kiedy głos biegnie wewnątrz rury.

Podobny efekt można zaobserwować na trasach szybkiego ruchu z ekranami akustycznymi. Szum jadących pojazdów na takiej trasie jest głośniejszy niż na trasie, przy której takich ekranów nie postawiono.

Słowniczek

Moc źródła

(*ang.: source power*) stosunek energii wydzielonej przez źródło do czasu, w którym była wydzielana.

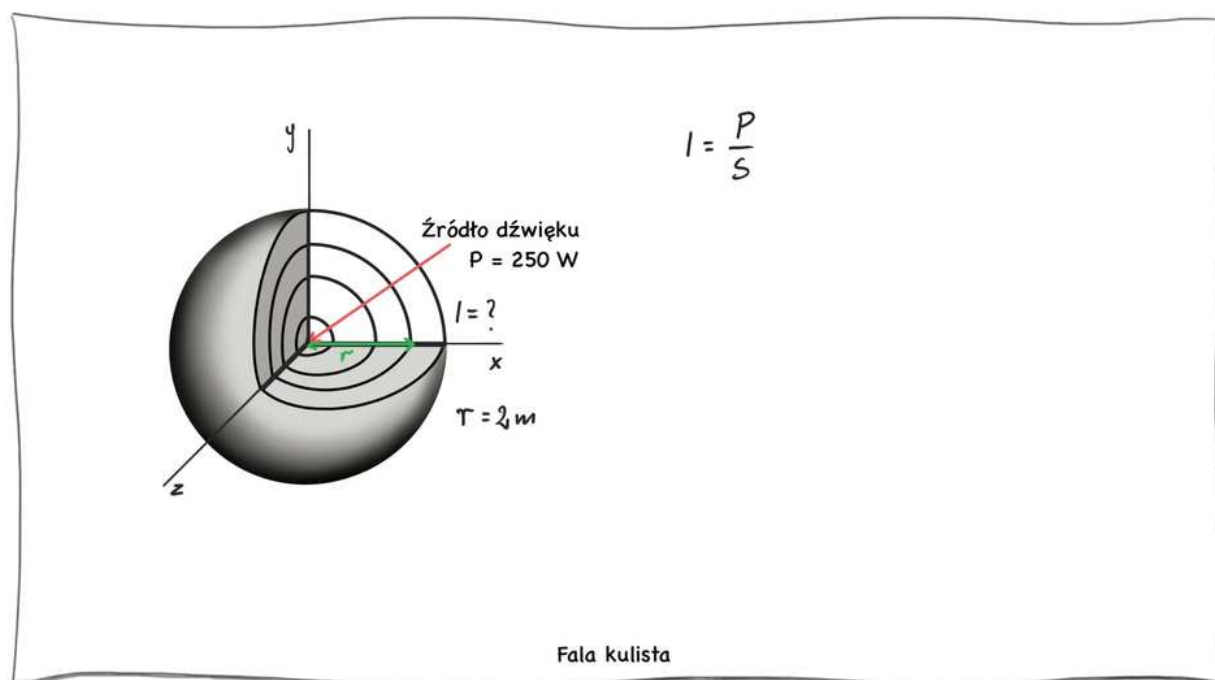
Natężenie fali

(*ang.: wave intensity*) – ilość energii przenoszanej przez jednostkowy wycinek powierzchni falowej w jednostce czasu.

Film samouczek

Jak opisać zależność natężenia i amplitudy fali od odległości od punkтового źródła?

Obejrzyj film samouczek, w którym przedstawiono rozwiązanie przykładowego zadania dotyczącego obliczania natężenia fali.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1LZfXh5XkivV>

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Otrzymany wynik około 5 W porównaj z mocą znanych ci urządzeń, takich jak: suszarka do włosów, toster, gramofon, przenośny głośnik Bluetooth.

Polecenie 2

Wykonaj samodzielnie obliczenia dla odległości $r = 4 \text{ m}$.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Określ prawdziwość podanych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F, jeśli jest fałszywe.

1. Źródło fali dźwiękowej w przybliżeniu można traktować jako punktowe, jeżeli jego rozmiar jest znacznie mniejszy od odległości, z jakiej je obserwujemy. P / F
2. Kulista fala harmoniczna wychodząca z punkтового źródła ma zawsze tylko energię kinetyczną. P / F
3. Energia kinetyczna fali kulistej harmonicznej jest proporcjonalna do jej amplitudy. P / F

Ćwiczenie 2



Uzupełnij poprawnie poniższe zdania.

Energia potencjalna fali kulistej ma największą wartość w obszarach największego zagęszczenia i rozrzedzenia cząsteczek ośrodka, zaś gdy w danej chwili nie występuje żadna deformacja ośrodka energia potencjalna jest równa zero. Można więc powiedzieć, że energia potencjalna fali:

- ☐ W przeciwieństwie do energii kinetycznej nie może mieć charakteru „sfer”.
- ☐ Ma charakter „sfer”, w odróżnieniu od energii kinetycznej.
- ☐ Ma charakter „sfer”, podobnie jak od energia kinetyczna.
- ☐ Tak jak energia kinetyczna nie może mieć charakteru „sfer”.

Ponadto energia potencjalna

- ☐ jest proporcjonalna do odwrotności amplitudy $\frac{1}{A}$ fali, w odróżnieniu od energii kinetycznej.
- ☐ jest proporcjonalna do kwadratu amplitudy A^2 fali, podobnie do energii kinetycznej.
- ☐ jest proporcjonalna do amplitudy A fali, podobnie do energii kinetycznej.
- ☐ jest proporcjonalna do odwrotności amplitudy $\frac{1}{A}$ fali, podobnie do energii kinetycznej.

Ćwiczenie 3



Wpisz TAK w rubryki znajdujące się obok opisu sytuacji, w których falowod rozwiąże opisywane problemy. Jeżeli użycie falowodu nie rozwiąże problemu, wpisz NIE.

1. W szkole Marysi z okazji Bożego Narodzenia zorganizowane zostało przedstawienie, na które zaproszono 300 osób. Przedstawienie to odbyło się na ogromnej sali gimnastycznej. Podczas przedstawienia zepsuł się mikrofon. Czy zamiast mikrofonu dzieci mogą używać falowodu?

2. Grupka dzieci w trakcie przerwy pomiędzy lekcjami bawiła się w znaną grę „głuchy telefon”. Polega ona na przekazywaniu szeptem wymyślonej informacji pomiędzy kolejnymi uczestnikami gry. Niestety, gdy uczestnicy znajdują się zbyt blisko siebie przekazywaną informację oprócz osoby której mamy ją przekazać słyszy jeszcze kilkoro dzieci. Gdy dzieci poruszają się zaś na większe odległości, przekazanie informacji szeptem tylko jednej osobie jest wręcz niemożliwe. Czy dzieci mogą posłużyć się falowodami, aby komunikować się między sobą?

Ćwiczenie 4



W czasie $t = 3$ min. przez powierzchnię $S = 3 \text{ m}^2$ przepłynęła energia $E = 540 \text{ J}$. Jakie jest natężenie fali w miejscu, w którym znajduje się ta powierzchnia?

☐ 60 W/m^2

☐ 1 W/m^2

☐ 180 W/m^2

☐ 6 W/m^2

Ćwiczenie 5



Przez powierzchnię sfery o promieniu $r = 50 \text{ cm}$ biegnie fala o natężeniu $I = 5 \text{ W/m}^2$. Ile czasu musimy poczekać, aby przez sferę przepłynęła energia $E = 314 \text{ J}$? Wynik podaj w sekundach. Przyjmij $\pi = 3,14$.

Odpowiedź: Należy poczekać sekund.

Ćwiczenie 6



Amplituda pewnej fali harmoniczej wynosi $A = 2$ cm. W odległości $R = 1$ cm jej maksymalna energia potencjalna wynosi $E_p = 8$ J. O ile musiałaby zwiększyć się amplituda tej fali, aby w odległości $R' = 2$ cm energia potencjalna fali wynosiła $E_p' = 4,5$ J? Wynik podaj w centymetrach.

Odpowiedź: Amplituda tej fali musiałaby się zwiększyć o cm.

Ćwiczenie 7



Natężenie promieniowania elektromagnetycznego docierającego do Ziemi od Słońca jest równe w przybliżeniu $I_Z \approx 1400$ W/m². Odległość Ziemi od Słońca jest równa $r_Z = 150$ milionów kilometrów. Odległość Merkurego od Słońca jest równa $r_M = 58$ milionów kilometrów. Odległość Neptuna od Słońca jest równa $r_N = 4500$ milionów kilometrów. Jakie jest natężenie promieniowania elektromagnetycznego docierającego do Merkurego, a jakie do Neptuna? Wyniki zaokrąglaj do jednośc i wpisz w odpowiednie miejsce w tabeli.

Planeta	Natężenie promieniowania elektromagnetycznego [W/m ²]
Ziemia	1400
Merkury	
Neptun	

Ćwiczenie 8



Fala o natężeniu $I = 200 \text{ W/m}^2$ przepływa przez powierzchnię S . Średnia moc tej fali jest równa $P = 400 \text{ W}$. Jaka będzie moc P' fali, jeżeli jej natężenie I zmaleje dwukrotnie? Wybierz poprawną odpowiedź.

☐ 200 W

☐ 100 W

☐ 800 W

☐ 160 000 W

Wybierz poprawne uzasadnienie odpowiedzi.

☐ Moc fali jest wprost proporcjonalna do jej natężenia.

☐ Moc fali jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu jej natężenia.

☐ Moc fali jest wprost proporcjonalna do kwadratu jej natężenia.

☐ Moc fali jest odwrotnie proporcjonalna do jej natężenia.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Jerzy Ginter i Michał Kurek
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Moc źródła
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 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; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. X. Fale i optyka. Uczeń: 2) posługuje się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (W/m^2) oraz proporcjonalnością do kwadratu amplitudy; 3) opisuje zależność natężenia fali i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła.

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. opíše energię fali; 2. przedstawi zależność natężenia fali od mocy źródła; 3. omówi zależność natężenia i amplitudy fali od odległości od źródła; 4. zastosuje poznane zależności do rozwiązywania zadań.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna – dostrzeganie i definiowanie problemów oraz odkrywanie rzeczywistości poprzez eksperymenty
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz, pogadanka
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	głośnik niewbudowany w komputer, komputer z melodią
Materiały pomocnicze:	e-materiał „Jak opisać zależność natężenia i amplitudy fali od odległości od punktowego źródła?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel w formie pogadanki sprawdza wiedzę uczniów na temat dźwięku i jego falowej natury.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel uruchamia melodię z komputera poprzez zewnętrzny głośnik. Zmienia ustawienie głośnika, stawiając go: w kierunku uczniów, w przeciwnym kierunku, membraną do góry oraz membraną do dołu. Uczniowie przy każdym ustawieniu opisują zmianę w odbieranym dźwięku. Następnie, przy głośniku ustawionym membraną do góry, uczniowie porównują dźwięk dochodzący z głośnika z małej i z dużej odległości. Nauczyciel w formie wykładu, nawiązując do doświadczeń, opisuje uczniom głośnik jako punktowe źródło dźwięku wprowadzając pojęcia mocy źródła oraz natężenia fali. Opisuje również, w jaki sposób natężenie maleje z odległością, jaką przebyła fala. Uczniowie oglądają film samouczek i wykonują powiązane z nim polecenia.

Faza podsumowująca:

W ramach utrwalenia zdobytych wiadomości uczniowie rozwiązują zadania 1, 2 i 5 z zestawu ćwiczeń e-materiału.

Praca domowa:

W ramach pracy domowej uczniowie rozwiązują zadania 4, 7 i 8 z zestawu ćwiczeń e-materiału.

**Wskazówki
metodyczne opisujące
różne zastosowania
danego multimedium**

Film samouczek może posłużyć jako przypomnienie zagadnienia mocy źródła i jego wpływu na natężenie fali.