

Scenariusz lekcji z wykorzystaniem narzędzi TIK

Autor scenariusza: Małgorzata Obszyńska

Przedmiot: fizyka

Poziom nauczania: ponadpodstawowy

Szkoła: liceum ogólnokształcące

Temat: Fale stojące

Czas trwania: 45 minut

Cel ogólny: Poznanie mechanizmu powstawiania fal stojących.

Cele operacyjne:

Poziom wiadomości:

A. Zapamiętanie wiadomości - uczeń:

- definiuje pojęcie fali stojącej,
- opisuje falę stojącą, wskazując węzły i strzałki tej fali.

B. Zrozumienie wiadomości - uczeń:

- wskazuje odległość między sąsiednimi węzłami i sąsiednimi strzałkami fali stojącej.

Poziom umiejętności:

C. Zastosowanie wiadomości w sytuacjach typowych - uczeń:

- stosuje zasadę superpozycji dla identycznych fal biegnących w przeciwną stronę,
- określa warunki powstawania fali stojącej i opisuje ją matematycznie.

D. Zastosowanie wiadomości w sytuacjach problemowych - uczeń:

- wykazuje, że amplituda fali stojącej zależy od położenia x punktu ośrodka, a nie zależy od czasu,
- oblicza odległość między węzłami i strzałkami fali stojącej.

Cele wychowawcze:

- a) rozwijanie dociekliwości poznawczej otaczającego świata,
- b) korzystanie z różnorodnych źródeł informacji,

Metody:

- podająca: (pogadanka, wykład informacyjny)
- praktyczna (pokaz, ćwiczenia interaktywne)
- programowana (z użyciem komputera i monitora interaktywnego)

Formy:

- indywidualna;
- grupowa;
- zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w ZPE, www.walter-fendt.de, edukator.pl
- tablica interaktywna/tablica, pisak
- sprzężyna do demonstracji fali impulsu falowego i fali stojącej

Kształowane kompetencje kluczowe:

1. Kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji
2. Kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii
3. Kompetencje cyfrowe
4. Kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
5. Kompetencje w zakresie wielojęzyczności.

I. Faza przygotowawcza

Czynności organizacyjne – sprawdzenie listy obecności

Przypomnienie zasady składania (superpozycji) dwóch fal o tej samej amplitudzie i okresie.

Przypomnienie równania fali powstałej w wyniku interferencji dwóch fal o tej samej amplitudzie i okresie. Zapisanie równania na tablicy

interferencja fal biegnących w jednym kierunku:

$$y = 2A \cos \frac{v_0}{2} \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \frac{v_0}{2} \right]$$

Nauczyciel zwraca się do uczniów - Powyższe równanie otrzymaliśmy dla fal biegnących w przeciwne strony. Dziś sprawdzimy co się stanie, gdy spotkają się dwie fale biegnące w przeciwne strony.

Dyskusja z uczniami na temat możliwych wyników spotkania fal biegnących w dwie strony.

II. Faza realizacyjna

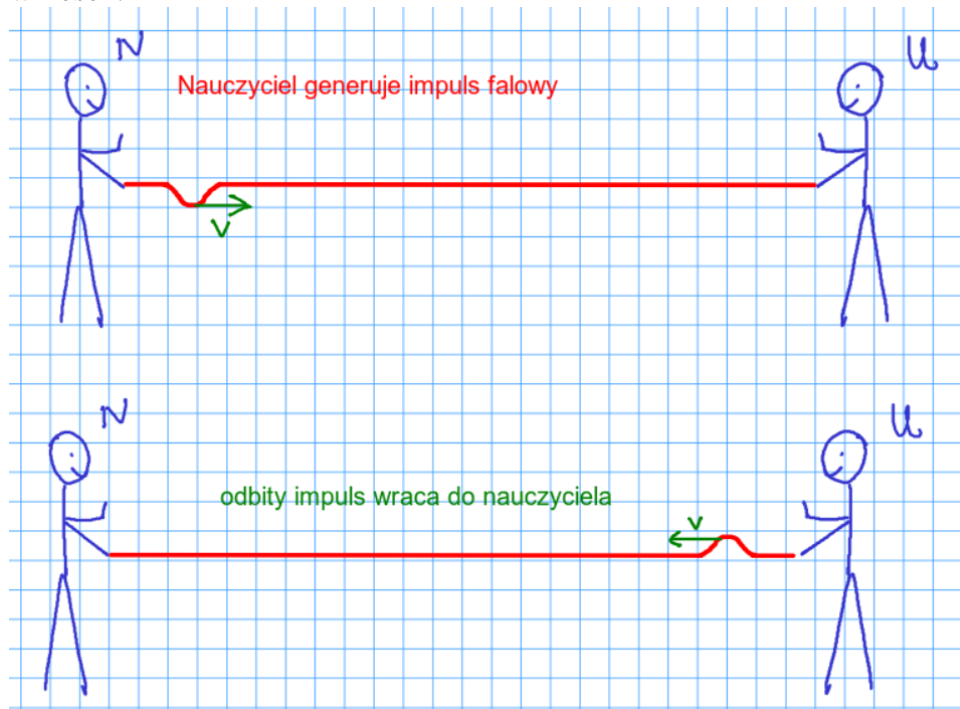
1) Pokaz 1

Nauczyciel wybiera jednego ucznia. Prosi go o przytrzymanie długiej około 10 metrowej sprężyny sztywno, na jednym końcu. Nauczyciel uderza w drugi koniec sprężyny, wywołując powstanie impulsu falowego. Impuls ten biegnie w kierunku ucznia, a następnie odbija się i wraca do nauczyciela.

Uczniowie obserwują, że jeżeli nauczyciel wywołał impuls biegnący dołem, to odbity wraca górą.

Nauczyciel i uczniowie formują wniosek: Przesunięcie fazowe fali odbitej wynosi 180° .

Uczniowie sporządzają rysunek z pokazów w zeszycie, a następnie zapisują sformułowany wniosek.



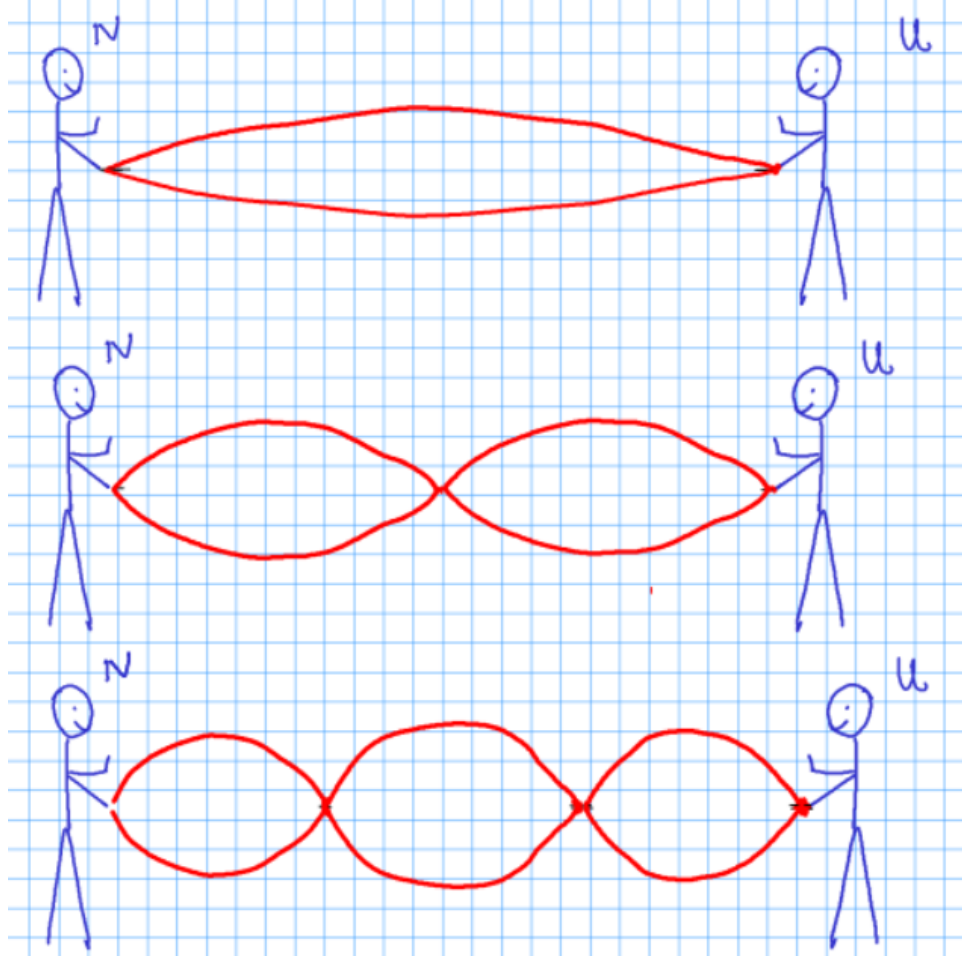
2) Pokaz 2

Nauczyciel zadaje pytanie: Co by się stało, gdyby nałożyć na siebie 2 fale biegnące w przeciwnie strony?

Aby to sprawdzić. Nauczyciel prosi ucznia o mocne przytrzymanie sprężyny na jednym końcu a następnie stara się wzbudzić falę o długości Równej, dwukrotnej długości sprężyny. Aby w sprężynie powstała fala stojąca. Następnie nauczyciel zwiększa częstotliwość drgań, Aby powstała fala stojąca o długości równej długości sprężyny. Przy kolejnym zwiększaniu częstotliwości drgań na sprężynie udaje się uzyskać już 3 połówki fali.

Uczniowie obserwują, że fala powstaje tylko w pewnych szczególnych przypadkach. Wtedy, kiedy częstotliwość drgań jest odpowiednia. Zauważają również, że są punkty w sprężynie, które nie drgają wcale, lecz występują punkty, które drgają bardzo silnie.

Uczniowie sporządzają rysunek z pokazów w zeszycie, a następnie zapisują sformułowany wniosek i obserwacje.



3) Opis matematyczny

Nauczyciel wyjaśnia, uczniowie powinni odnotować na swoich rysunkach w zeszycie:

Punkty o amplitudzie równej zero, czyli takie, które w ogóle nie drgają, nazywamy węzłami fali stojącej. Punkty, które drgały najbardziej nazywamy strzałkami fali stojącej.

Wyprowadźmy równanie fali stojącej, korzystając z zasady superpozycji fal. Zapisujemy równanie fali. Biegnącej, zgodnie i przeciwnie, z przyjętym układem.:

$$y_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

$$y_2 = A \sin \left[\omega \left(t + \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right]$$

Wykonajmy obliczenia.

Nauczyciel zapisuje równania fal na tablicy a następnie uczniowie dodają je w swoich zeszytach korzystając ze wzoru na sumę sinusów:

$$y = y_1 + y_2$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$y_1 + y_2 = 2A \sin \frac{\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \left[\omega \left(t + \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right]}{2} \cdot \cos \frac{\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) - \left[\omega \left(t + \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right]}{2} =$$

$$= 2A \sin \frac{\omega t - \frac{\omega x}{v} + \omega t + \frac{\omega x}{v} + \varphi_0}{2} \cdot \cos \frac{\omega t - \frac{\omega x}{v} - \omega t - \frac{\omega x}{v} - \varphi_0}{2}$$

$$= 2A \sin \frac{\omega t + \varphi_0}{2} \cdot \cos \left(\frac{\omega x}{v} + \frac{\varphi_0}{2} \right)$$

Nauczyciel zwraca się do uczniów z pytaniem jakie różnice we wzorze na falę stojącą i biegnącą zauważają i jakie mogą być tego konsekwencje. Dla przypomnienia zestawia oba wzory ze sobą na tablicy.

fala biegnąca

$$y(x, t) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega x}{v} \right)$$

fala stojąca

$$y(x, t) = 2A \cos \left(\frac{\omega x}{v} + \frac{\varphi_0}{2} \right) \cdot \sin \left(\frac{\omega t + \varphi_0}{2} \right)$$

Nauczyciel podsumowuje i dopełnia wypowiedzi uczniów:

W przypadku fali biegnącej. Argumentem funkcji sinus są zarówno położenie x , jak i czas t . Dla fali stojącej przy funkcji sinus znajdujemy jedynie argument czasowy (t). Przypomina to nieco poznany w drugiej klasie ruch drgający. Wyrażenie stojące przed funkcją sinus spełnia rolę amplitudy, zależy jedynie od odległości punktu od początku przyjętego układu (x) a nie zależy od czasu (t) Uczniowie powinni zapisać wnioski w zeszycie

Nauczyciel wskazuje, jak znaleźć węzły i strzałki fali:

Amplituda fali stojącej zmienia się jak funkcja cosinus wraz ze zmianą odległości od źródła. Znając to równanie, możemy wyznaczyć położenie węzłów lub strzałek fali stojącej.

Jeśli x ma taką wartość, że argument funkcji cosinus jest nieparzystą, wielokrotnością π . To amplituda fali stojącej będzie wynosiła 0 i otrzymamy węzeł fali stojącej. Jeżeli natomiast argument funkcji cosinus jest wielokrotnością π to otrzymamy podwójną wartość amplitudy.

$$y = \underbrace{2A \cos\left(\omega \frac{x}{v} + \frac{\varphi_0}{2}\right)}_{\text{amplituda fali stojącej } A'} \sin\left(\omega t + \frac{\varphi_0}{2}\right)$$

amplituda fali stojącej A'

$$A' = 2A \cos\left(\omega \frac{x}{v} + \frac{\varphi_0}{2}\right)$$

• węzły fali:

$$\cos\left(2n+1\right)\frac{\pi}{2} = 0$$

$$A' = 0$$

• strzałki fali:

$$\cos \pi n = \pm 1$$

$$A' = 2A$$

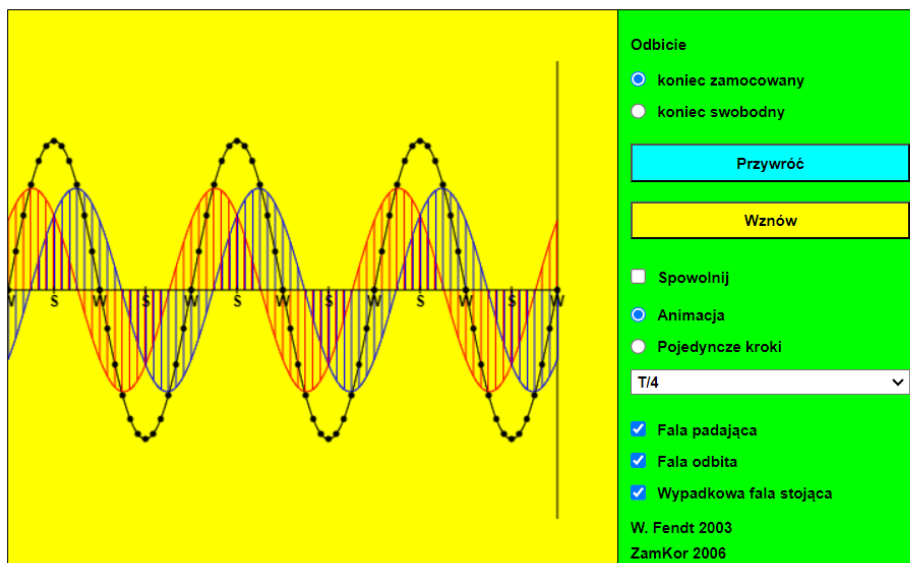
Nauczyciel podkreśla, że powyższe rozważania dotyczą fali, która powstała w sprężynie lub sznurze zamocowanym z obu stron na sztywno.

Wykorzystując dostępne animacje w sieci, pokażemy co może się wydarzyć, gdy któryś z końców będzie mógł poruszać się swobodnie.

4) Badanie fal stojących - oglądanie modeli fali przy pomocy tablicy

- Obserwacja fali padającej i odbitej w przypadku obu końców zamocowanych

https://www.walter-fendt.de/html5/phpl/standingwavereflection_pl.htm

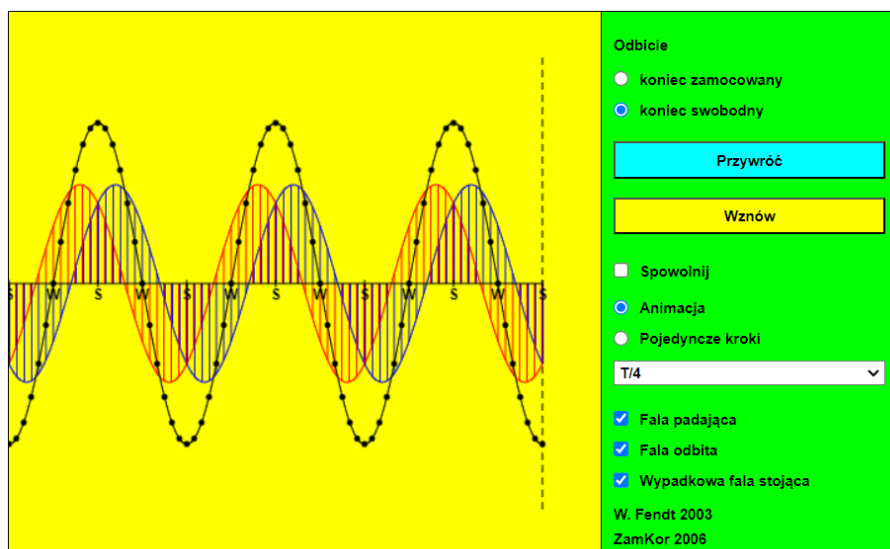


Uczniowie na podstawie animacji wskazują węzły i strzałki fali.

Nauczyciel formułuje problem. A co by się stało, gdyby jeden z końców sznura mógł poruszać się zupełnie swobodnie?

- Obserwacja fali padającej i odbitej w przypadku jednego końca zamocowanego na stałe i jednego swobodnego

https://www.walter-fendt.de/html5/phpl/standingwavereflection_pl.htm



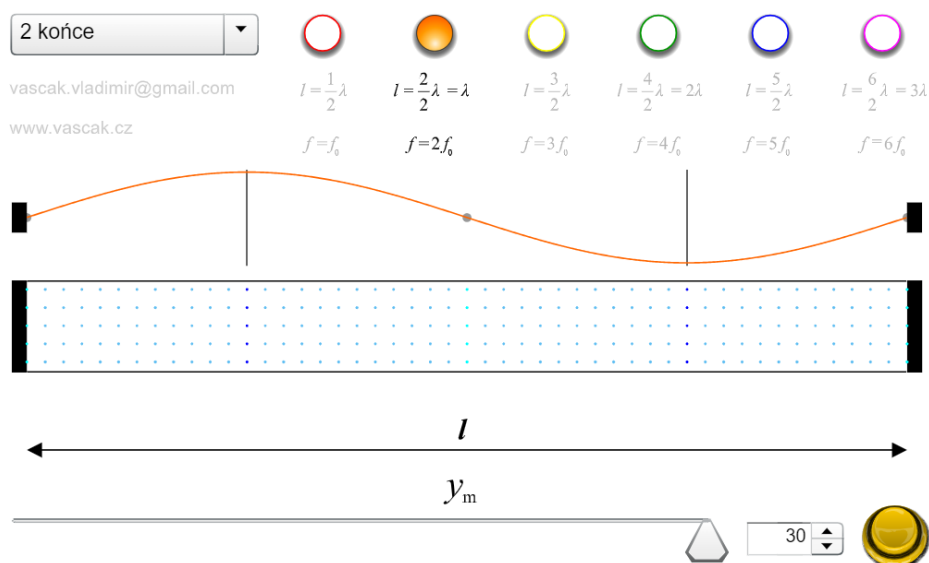
Nauczyciel zwraca się do uczniów z pytaniem, jakie różnice zauważyli między pierwszym a drugim przypadkiem symulacji.

Uczniowie powinni wskazać, że w przypadku końca sznura zamocowanego na sztywno na końcu sznura powstaje węzeł fali. W przypadku, gdy sznur mógł się poruszać swobodnie w tym samym miejscu powstała strzałka fali.

Wniosek powyższy należy zanotować w zeszycie.

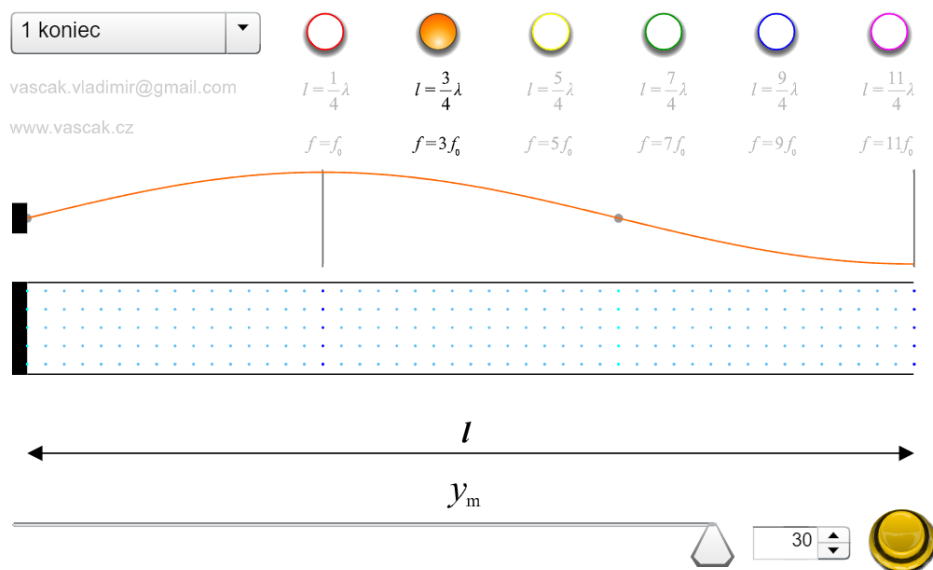
- Obserwacja fali stojącej na przykładzie fali podłużnej i poprzecznej dla obu końców sztywnych

<https://www.edukator.pl/resources/applet/fale-stojace-html5>



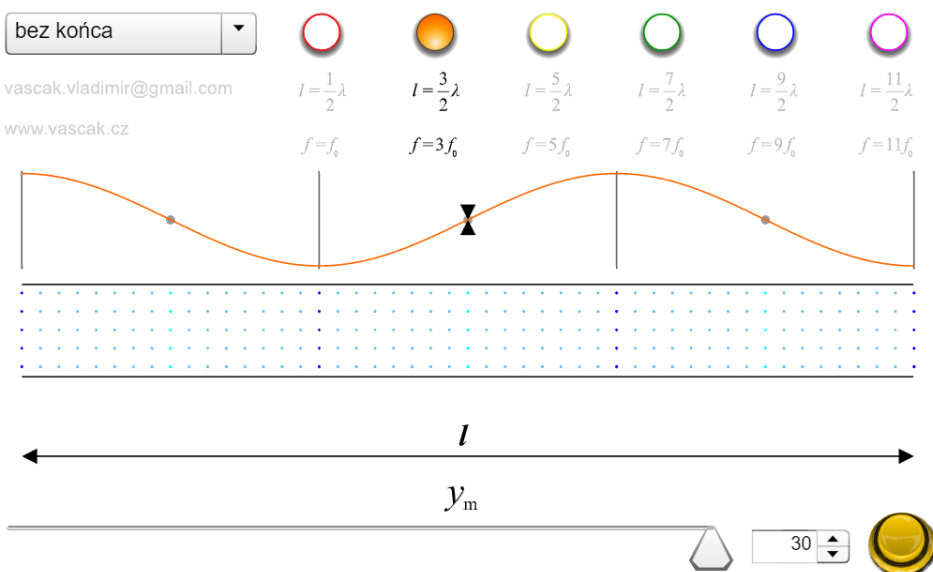
- Obserwacja fali stojącej na przykładzie fali podłużnej i poprzecznej dla jednego końca zamocowanego na sztywno a jednego swobodnego

<https://www.edukator.pl/resources/applet/fale-stojace-html5>



- Obserwacja fali stojącej na przykładzie fali podłużnej i poprzecznej dla obu końców swobodnych

<https://www.edukator.pl/resources/applet/fale-stojace-html5>



III. Podsumowanie lekcji

Uczniowie rozwiązują zadania interaktywne:

<https://zpe.gov.pl/a/sprawdz-sie/DcNm9gzB3>

Ćwiczenie 1



Określ prawdziwość zdań

1. Węzły są to punkty, których położenie się nie zmienia. PRAWDA / FAŁSZ

2. Echo jest przykładem fali stojącej. PRAWDA / FAŁSZ

3. Odległość między dwoma kolejnymi strzałkami fali stojącej jest inna jak odległość między dwoma kolejnymi węzłami. PRAWDA / FAŁSZ

4. Możliwe jest wytworzenie fali stojącej z jednym węzłem na strunie zamocowanej w gitarze. PRAWDA / FAŁSZ

Oczekiwane odpowiedzi uczniów:

Określ prawdziwość zdań

Prawidłowa odpowiedź.

Znasz własności fali stojącej.

1. Węzły są to punkty, których położenie się nie zmienia. PRAWDA / FAŁSZ

2. Echo jest przykładem fali stojącej. PRAWDA / FAŁSZ

3. Odległość między dwoma kolejnymi strzałkami fali stojącej jest inna jak odległość między dwoma kolejnymi węzłami. PRAWDA / FAŁSZ

4. Możliwe jest wytworzenie fali stojącej z jednym węzłem na strunie zamocowanej w gitarze. PRAWDA / FAŁSZ

Ćwiczenie 2



Wskaż właściwe dokończenie zdania.

Jeżeli na dwóch końcach tego samego, napiętego sznura dwie osoby będą wytwarzały identyczne fale, to:

nic się nie stanie

powstanie fala stojąca

te fale zniosą się

Oczekiwana odpowiedź uczniów:

Wskaż właściwe dokończenie zdania.

Jeżeli na dwóch końcach tego samego, napiętego sznura dwie osoby będą wytwarzały identyczne fale, to:

Prawidłowa odpowiedź.

Wiesz, jak wytworzyć falę stojącą.

nic się nie stanie

powstanie fala stojąca

Brawo, poprawna odpowiedź!

te fale zniosą się

Ćwiczenie 3



Na sznurze o długości 6 metrów wytworzono falę stojącą zawierającą cztery węzły. Jaka była długość powstałej fali?

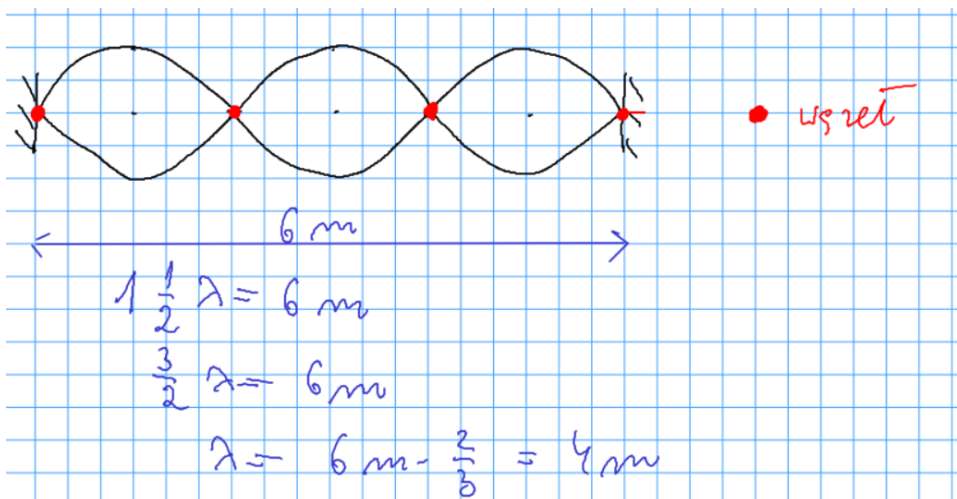
Odpowiedź: m



Sprawdź

Pokaż odpowiedź

Uczeń wykonuje rysunek pomocniczy oznaczając długość fali. Oczekiwane rozwiązanie:



Na sznurze o długości 6 metrów wytworzono falę stojącą zawierającą cztery węzły. Jaka była długość powstałej fali?

Prawidłowa odpowiedź.

Poprawnie obliczasz długość fali stojącej.

Odpowiedź: m

Ćwiczenie 4



Wpisz w puste miejsca odpowiedni znak: <, > lub = pomiędzy wielkościami opisującymi falę stojącą i jedną z fal biegnących tworzących tę falę stojącą.

Długość fali:

Fala biegnąca fala stojąca

Amplituda fali:

Fala biegnąca fala stojąca

Okres fali:

Fala biegnąca fala stojąca

Oczekiwane odpowiedzi uczniów:

Wpisz w puste miejsca odpowiedni znak: $<$, $>$ lub $=$ pomiędzy wielkościami opisującymi falę stojącą i jedną z fal biegnących tworzących tę falę stojącą.

Prawidłowa odpowiedź.

Poprawnie analizujesz związek wielkości opisujących falę stojącą i falę biegnącą.

Długość fali:

Fala biegnąca fala stojąca

Amplituda fali:

Fala biegnąca fala stojąca

Okres fali:

Fala biegnąca fala stojąca

Ćwiczenie 5



Na dwóch identycznych strunach o długości 10 metrów, umocowanych na obu końcach, wytworzono różne fale stojące: na pierwszej odległość między dwiema sąsiednimi strzałkami wyniosła 2,5 m, natomiast na drugiej zaobserwowano trzy strzałki. Oblicz stosunek odległości między skrajnymi strzałkami w fali dłuższej do odpowiedniej odległości w fali krótszej. Wynik podaj z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

Odpowiedź:

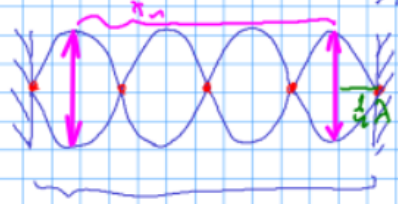


Sprawdź

Pokaż odpowiedź

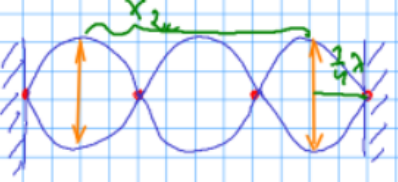
Uczeń rozwiązuje problem na tablicy:

1) $\Delta l = 2,5 \text{ m}$ } $\frac{1}{2} \lambda = 2,5 \text{ m}$
 $\Delta l = \frac{1}{2} \lambda$ } $\lambda = 5 \text{ m}$



$x_1 = l - 2 \cdot \frac{1}{4} \lambda_1 = 10 \text{ m} - 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 5 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$

2) 3 strzałki → 4 węzły



$x_2 = l - 2 \cdot \frac{1}{4} \lambda_2 = 10 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 6 \frac{2}{3} = 6 \frac{2}{3} \text{ m}$

$l = 10 \text{ m}$

$\frac{3}{2} \lambda_2 = 10 \text{ m} \rightarrow \lambda_2 = \frac{2}{3} \cdot 10 \text{ m} = \frac{20}{3} \text{ m} = 6 \frac{2}{3} \text{ m}$

$\frac{x_2}{x_1} = \frac{6 \frac{2}{3}}{7,5} = \frac{8}{9} \approx 0,889$

Na dwóch identycznych strunach o długości 10 metrów, umocowanych na obu końcach, wytworzono różne fale stojące: na pierwszej odległość między dwiema sąsiednimi strzałkami wyniosła 2,5 m, natomiast na drugiej zaobserwowano trzy strzałki. Oblicz stosunek odległości między skrajnymi strzałkami w fali dłuższej do odpowiedniej odległości w fali krótszej. Wynik podaj z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

Prawidłowa odpowiedź.

Poprawnie analizujesz własności fali stojącej i obliczasz szukane wielkości.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7

Na sznurze wytworzono falę stojącą opisywaną równaniem

$$y(x, t) = 4 \sin\left(2\pi \frac{x}{5}\right) \cos\left(\pi \frac{t}{2}\right).$$

Wszystkie wielkości podano w podstawowych jednostkach układu SI.

Podaj, ile wynosiła odległość między strzałką a najbliższym węzłem oraz jaką częstotliwość miała wytworzona fala.

Odpowiedź: Odległość między strzałką a najbliższym węzłem: m;

Częstotliwość: Hz.

Uczeń rozwiązuje zadanie na tablicy:

$y(x, t) = 4 \sin\left(2\pi \frac{x}{5}\right) \cos\left(\pi \frac{t}{2}\right)$

$y(x, t) = A \sin\left(\omega t + \frac{\varphi_0}{2}\right) \cos\left(\omega \frac{x}{v} + \frac{\varphi_0}{2}\right)$

$\sin \alpha = \cos(90^\circ - \alpha)$
 $\cos \alpha = \sin(90^\circ - \alpha)$ } $\varphi_0 = 180^\circ$

porównujemy zatem:

$2\pi \frac{x}{5} = \omega \frac{x}{v}$ $\frac{\pi t}{2} = \omega t$

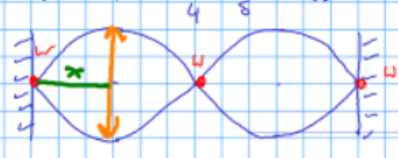
$2\pi \frac{x}{5} = \frac{2\pi}{T} \frac{x}{v}$ $\frac{\pi t}{2} = \frac{2\pi}{T} t$

$T = 4(s)$

$\frac{1}{5} = \frac{1}{4v}$ $f = \frac{1}{T} = 0,25 \text{ Hz}$

$v = \frac{5}{4} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$\lambda = v \cdot T = \frac{5}{4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4 \text{ s} = 5 \text{ m}$



$x = \frac{1}{4} \lambda$
 $x = \frac{1}{4} \cdot 5 \text{ m}$
 $x = 1,25 \text{ m}$

Na sznurze wytworzono falę stojącą opisywaną równaniem

$$y(x, t) = 4 \sin\left(2\pi \frac{x}{5}\right) \cos\left(\pi \frac{t}{2}\right).$$

Wszystkie wielkości podano w podstawowych jednostkach układu SI.

Podaj, ile wynosiła odległość między strzałką a najbliższym węzłem oraz jaką częstotliwość miała wytworzona fala.

Prawidłowa odpowiedź.

Prawidłowo analizujesz równanie fali stojącej i obliczasz szukane wielkości.

Odpowiedź: Odległość między strzałką a najbliższym węzłem: m;

Częstotliwość: Hz.

IV. Praca domowa

<https://zpe.gov.pl/a/sprawdz-sie/DgI9sa5qU>

Ćwiczenie 8



Na strunie o długości 1,5 m, umocowanej na obu końcach, powstała fala stojąca posiadająca 3 strzałki. Strzałka potrzebuje na przejście z maksymalnego wychylenia w górę do maksymalnego wychylenia w dół $1/220$ sekundy. Z jaką prędkością poruszają się fale biegnące w strunie tworzące falę stojącą?

Odpowiedź: m/s