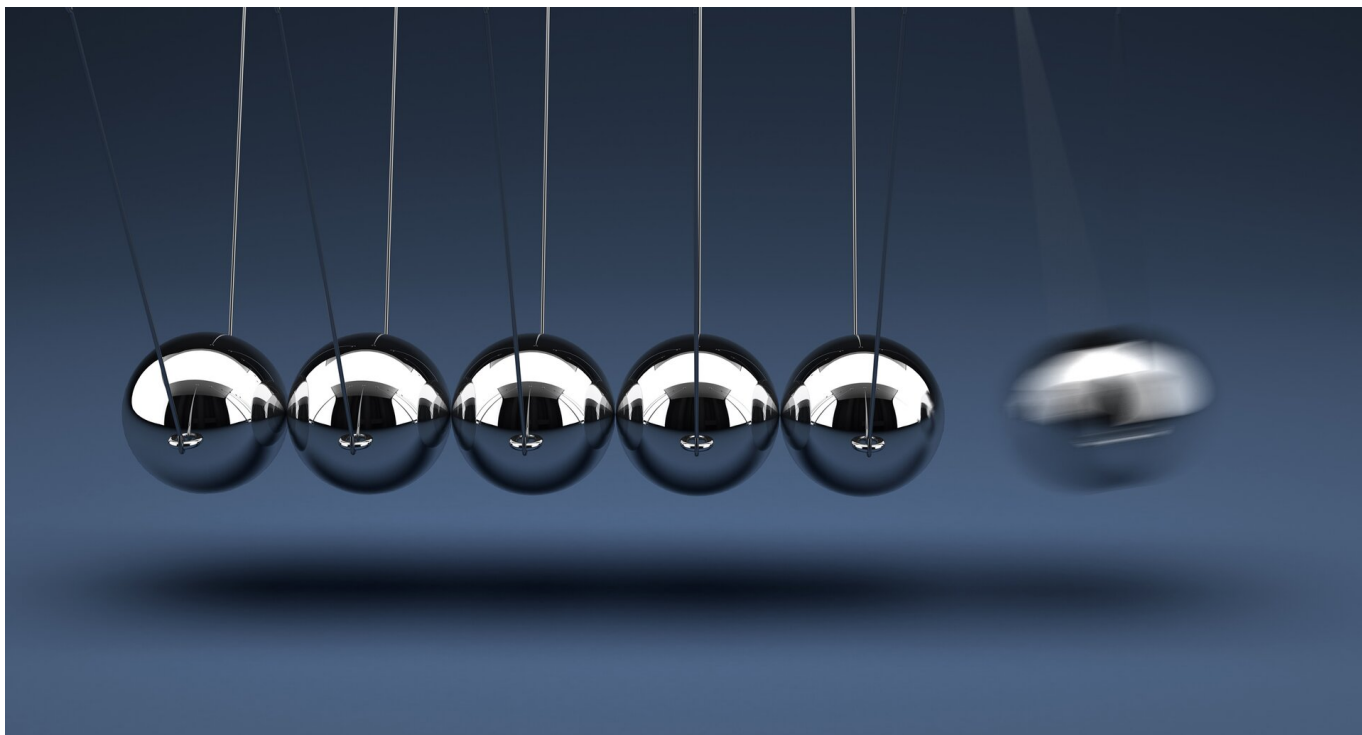
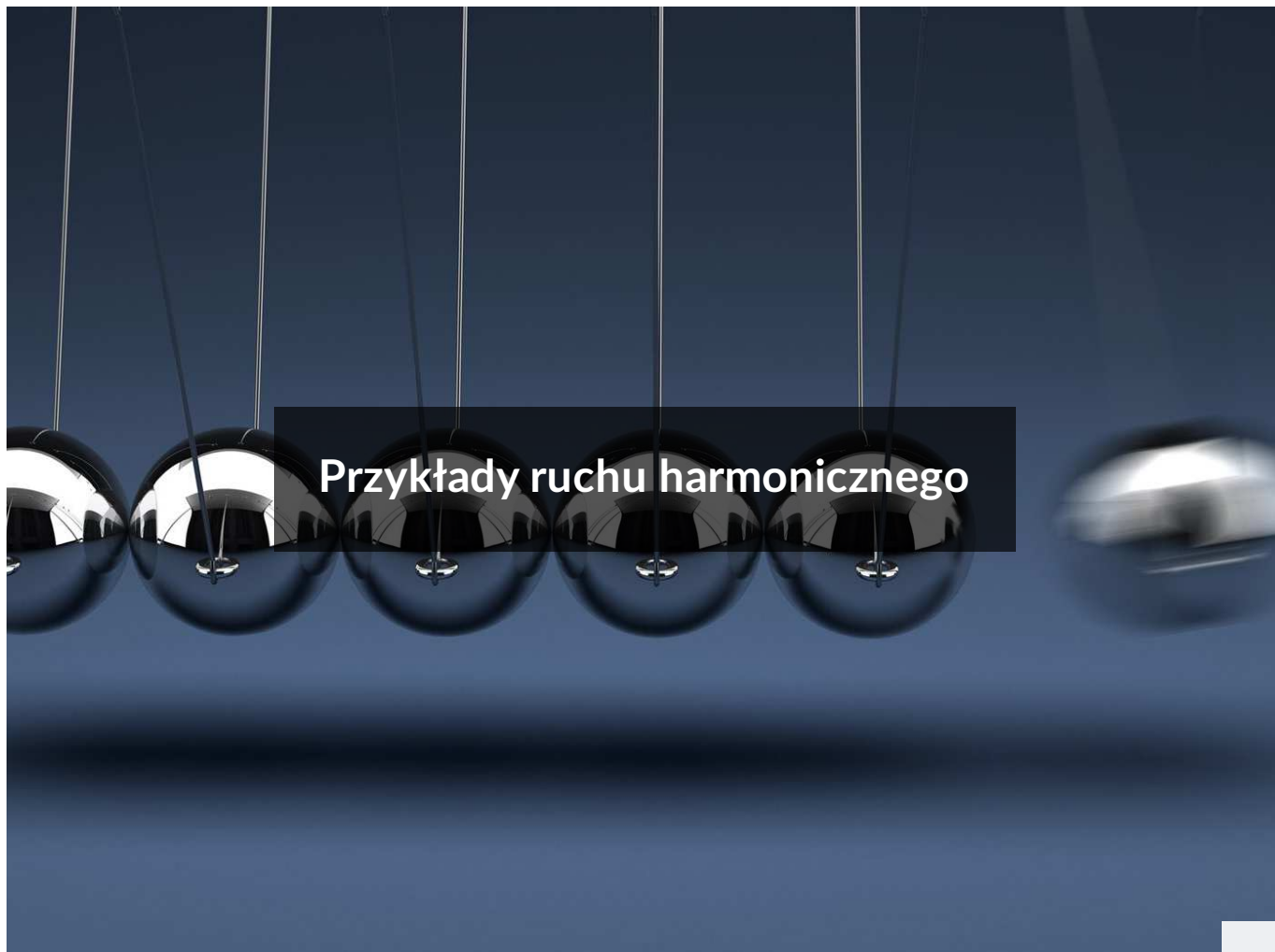




Przykłady ruchu harmonicznego

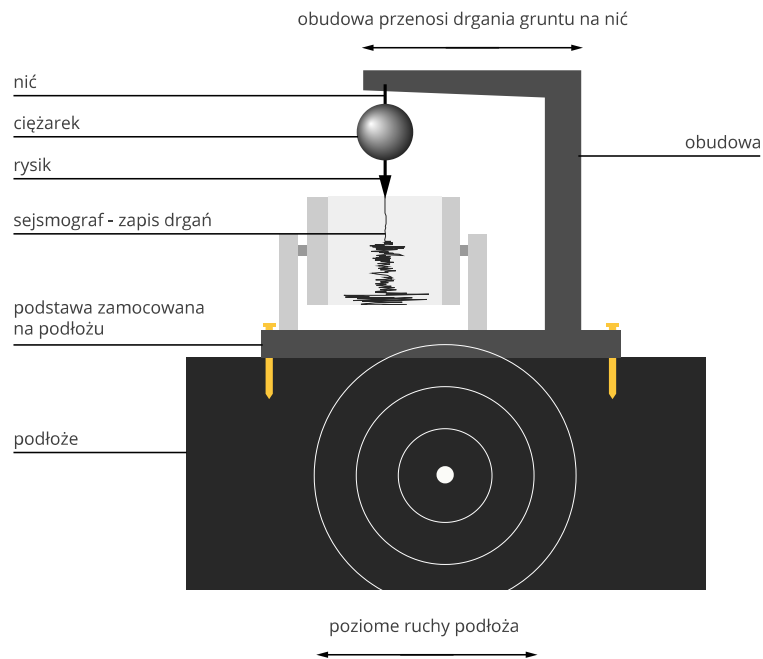
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



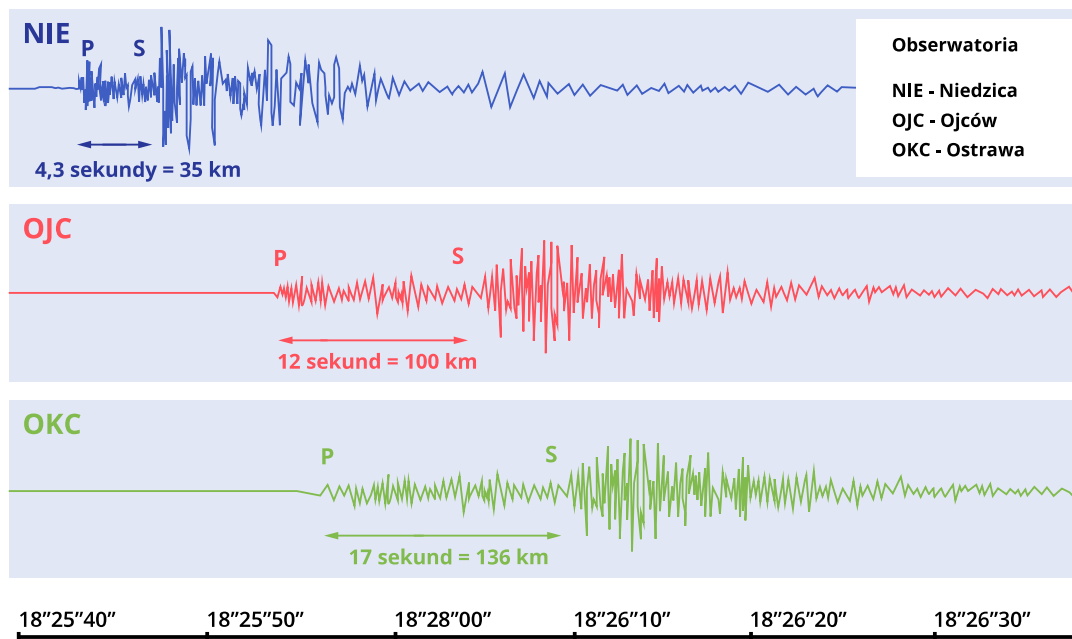
Czy to nie ciekawe?

Drgania spotykasz na każdym kroku. Drga most, przez który przejeżdża pociąg, drga wahadło zegara, huśtawka, membrana głośnika, powietrze w pischczalkach czy struna gitary.

Zapisy drgań skorupy ziemskiej, rejestrowane za pomocą sejsmografów, są podstawą analizy fal sejsmicznych i trzęsień Ziemi.



Rys.a. Budowa sejsmografu



Rys. b. Przykładowe sejsmogramy, źródło: „Fizykatrzęsień ziemi – pakiet rozszerzony”, projekt ERIS, Instytut Geofizyki PAN - <https://www.igf.edu.pl/eris.php>

Drgania kryształu kwarcu wykorzystuje się w zegarkach kwarcowych jako wzorzec czasu. Drgają również cząsteczki, z których zbudowana jest materia, a także atomy, z których składają się cząsteczki.

Można podać jeszcze inne przykłady ruchu drgającego, ale co kryje się pod pojęciem „ruch drgający harmoniczny”?

Twoje cele

W tym e-materiale:

- poznasz przykłady ruchu drgającego,
- poznasz wykresy zależności położenia od czasu otrzymane podczas rejestracji ruchu drgającego,
- dowiesz się, że ruch drgający, w którym wykres zależności wychylenia od czasu ma kształt sinusoidalny, jest nazywany ruchem harmonicznym,
- zrozumiesz, że ruch harmoniczny jest szczególnym przypadkiem ruchu drgającego,
- dowiesz się, jak odczytać z wykresu amplitudę i okres drgań,
- zrozumiesz, jak rozpoznawać ruch harmoniczny na podstawie wykresu,
- przeanalizujesz wykresy zależności położenia od czasu ciężarka zawieszonego na sprężynie i wahadła matematycznego,
- uzasadnisz stwierdzenie, że drgania ciężarka zawieszonego na sprężynie i ruch wahadła matematycznego są drganiami harmonicznymi.

Przeczytaj

Warto przeczytać

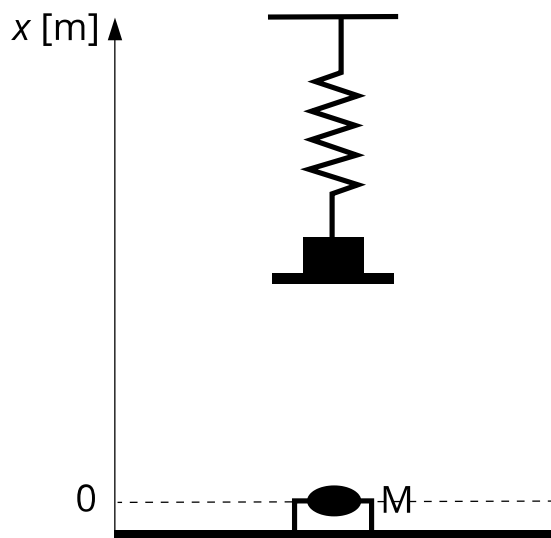
Pomiary za pomocą czujników cyfrowych pozwalają na rejestrację różnych wielkości fizycznych, na przykład położenia, przyspieszenia poruszającego się ciała, czy działającej na nie siły. Odpowiednio dobrana częstotliwość pobierania danych umożliwia śledzenie przebiegu wykresów równocześnie z obserwacją ruchu.

Wykresy zależności położenia od czasu w ruchu jednostajnym (linia prosta) i jednostajnie zmiennym (parabola) pozwalają na rozpoznawanie tych ruchów. A jak rozpoznać [ruch drgający](#) harmoniczny?

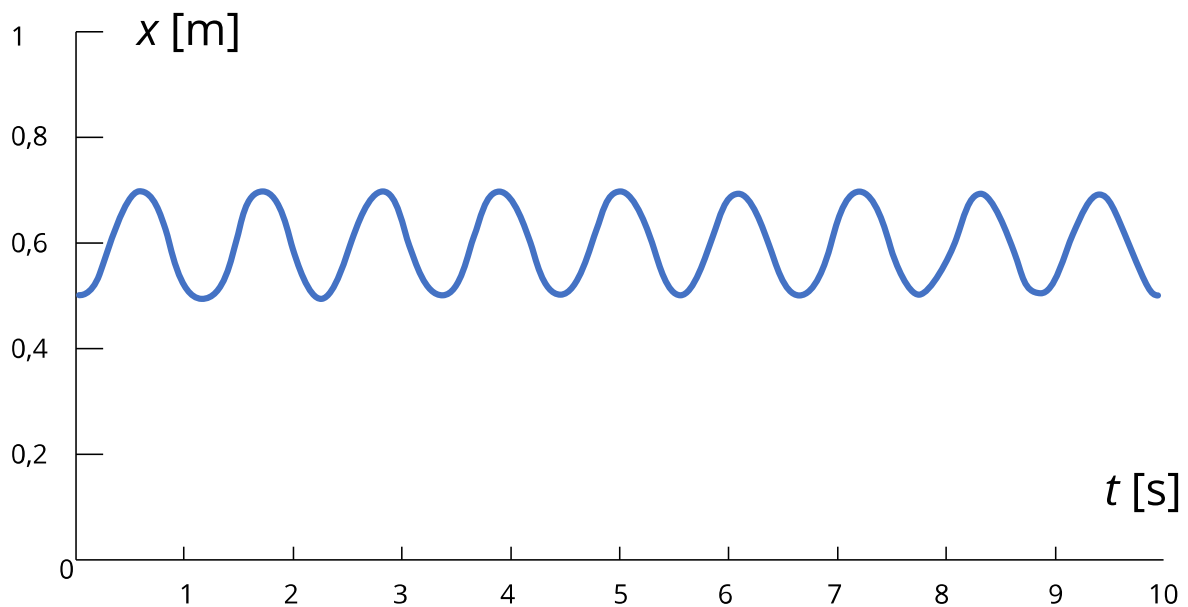
Przykład 1. Drgania ciężarka zawieszonego na sprężynie.

Wykres drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie możesz zarejestrować za pomocą ultradźwiękowego czujnika odległości (Rys. 1.), połączonego z komputerem. Sygnał ultradźwiękowy, wytworzony i wysyłany przez czujnik, odbija się od drgającego ciężarka. Pomiar czasu, jaki upłynie od wysłania do powrotu sygnału, pozwala określić odległość obiektu od czujnika.

Wykres zmian położenia drgającego ciężarka ma charakterystyczny kształt (Rys. 2.). Krzywa taka zwana jest sinusoidą. **Ruch drgający, w którym wykres zależności wychylenia od czasu ma kształt sinusoidalny jest nazywany [ruchem harmonicznym](#).**



Rys. 1. Schemat zestawu doświadczenia do rejestracji zmian położenia drgającego ciężarka. M – czujnik odległości



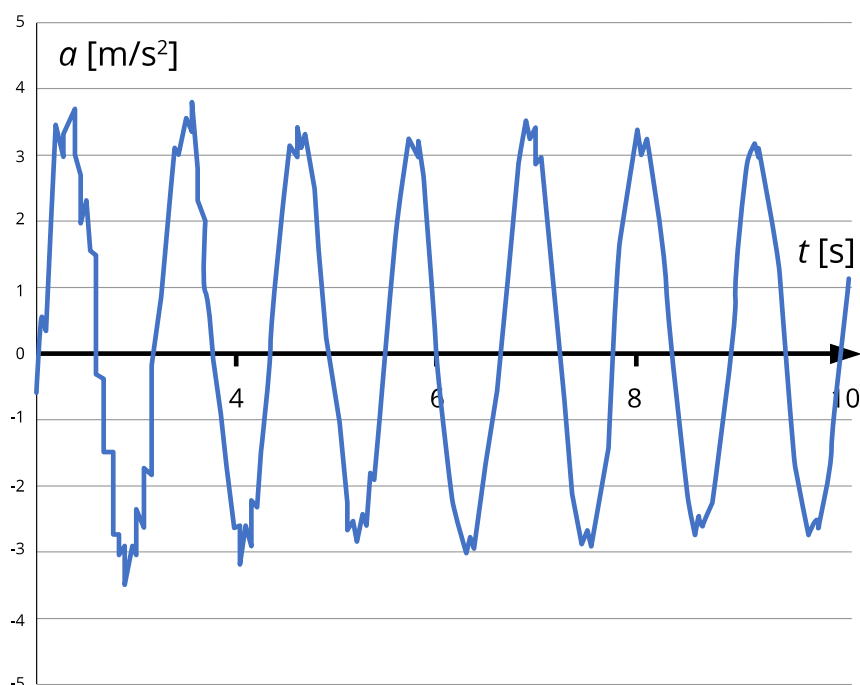
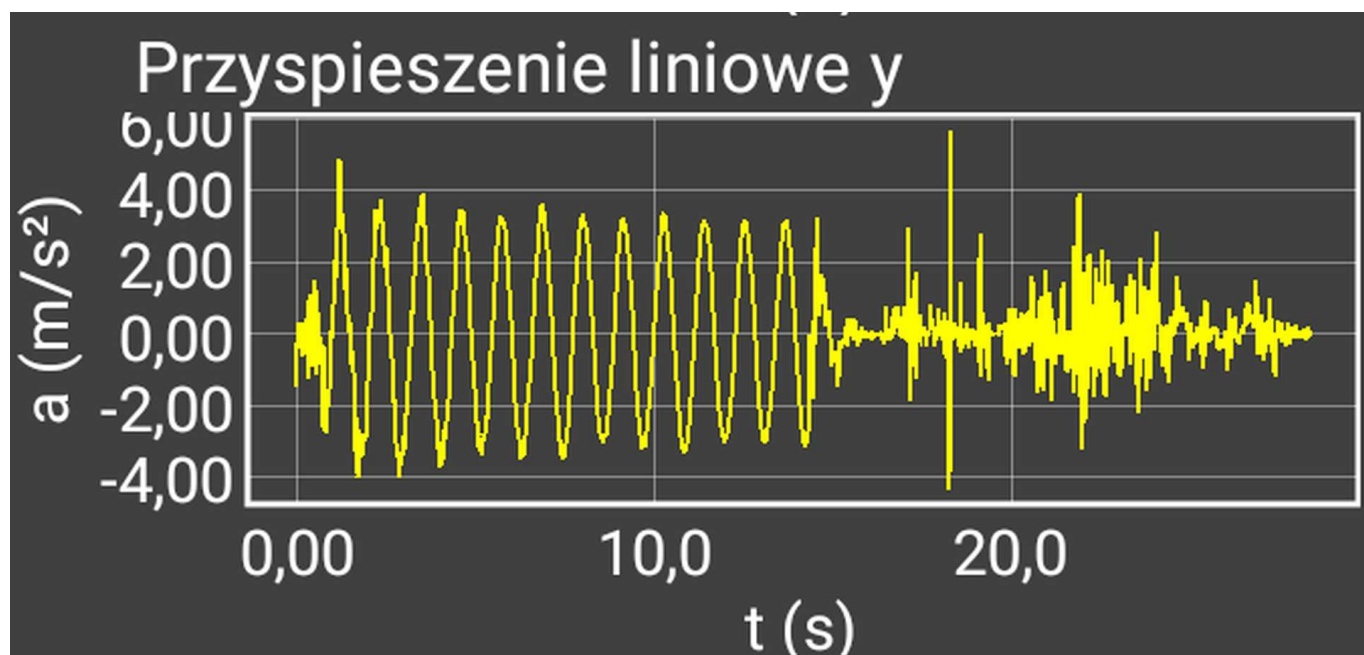
Rys. 2. Wykres $x(t)$ położenia drgającego ciężarka w funkcji czasu

Amplituda to maksymalne wychylenie z położenia równowagi, a **okres** to czas jednego pełnego drgania. Częstotliwość f określa liczbę drgań w jednostce czasu, zatem obliczamy ją jako odwrotność okresu drgań T , czyli $f = 1/T$.

Analizując wykres na Rys. 2., możesz zauważyć, że położenie równowagi ciężarka znajdowało się w odległości ok. 0,6 m od czujnika, okres drgań był równy nieco ponad 1 s, a amplituda drgań około 0,1 m.

Podobne wykresy możesz otrzymać mierząc przyspieszenie lub prędkość kątową za pomocą aplikacji zainstalowanej na smartfonie. Ta aplikacja to phyphox lub Physics Toolbox Suite.

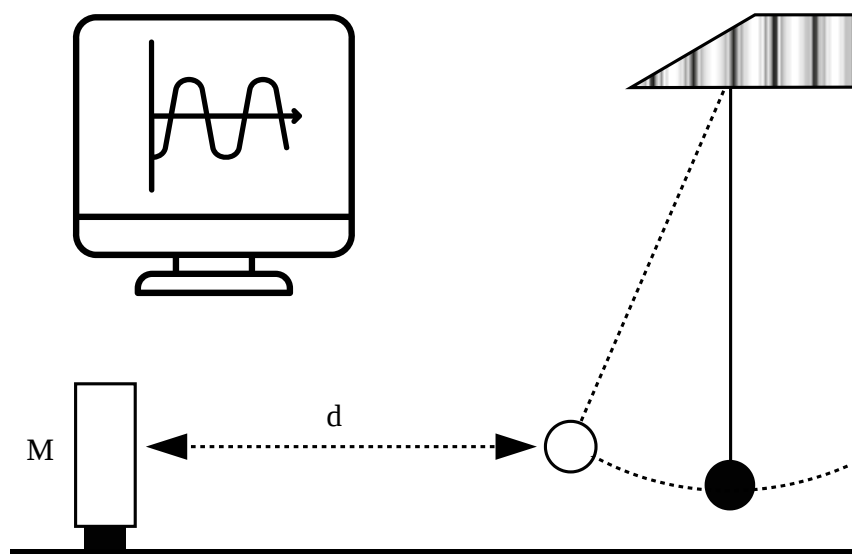
Zawieś smartfon na sprężynie i obserwuj wykres zmian wybranej wielkości podczas drgań smartfona. Czy udało Ci się uzyskać podobny wykres jak na rysunku 5.?



Rys. 3. Wykres zmian przyspieszenia podczas drgań smartfona zawieszonego na sprężynie, zarejestrowany za pomocą aplikacji phyphox; powyżej - obraz z ekranu, poniżej - fragment wykresu w arkuszu kalkulacyjnym

Przykład 2. Wahadło matematyczne

W podobny sposób można przeanalizować ruch [wahadła matematycznego](#), którego przykładem jest kulka zawieszona na nici. Ustaw czujnik naprzeciw wprowadzonego w ruch wahadła. Czujnik jest połączony z komputerem. Po odchyleniu wahadła od pionu i puszczeniu obserwuj drgania wokół położenia równowagi. Rejestracja zmian położenia poruszającej się kulki wahadła za pomocą czujnika ruchu połączonego z komputerem pozwala na bieżąco obserwować powstający wykres. Przypnij, że to niesamowite, że wykres zmian położenia ma też kształt sinusoidalny!



Rys. 4. Schemat zestawu doświadczalnego i wykres na ekranie komputera (M – czujnik odległości)

Wykres zmian położenia poruszającej się kulki wahadła pokazuje, że ruch wahadła matematycznego jest w dobrym przybliżeniu **ruchem harmonicznym**. To wszystko możesz wykonać samodzielnie lub obejrzeć na załączonym filmie.

W e-materiałach

Jak definiujemy wychylenie, amplitudę, częstość kołową i przesunięcie fazowe?

Wykres zależności położenia od czasu w ruchu drgającym i jego interpretacja

Wykres zależności prędkości od czasu w ruchu drgającym i jego interpretacja

Wykres zależności przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym i jego interpretacja

dowiesz się, jak wygląda zapis matematyczny i wykresy różnych wielkości opisujących ruch harmoniczny. Poznasz też inny sposób definiowania i rozpoznawania ruchu harmonicznego na podstawie analizy siły powodującej ruch drgający.

Słowniczek

ruch drgający (ang. oscillation)

okresowo powtarzający się ruch, odbywający się po tym samym torze.

amplituda drgań (ang. amplitude)

wartość maksymalnego wychylenia z położenia równowagi.

okres drgań (ang. oscillation period)

czas T jednego pełnego drgania.

częstotliwość drgań (ang. oscillation frequency)

określa, ile drgań wykonuje ciało w jednostce czasu (np. w ciągu sekundy).

$$f = 1/T.$$

Jednostką częstotliwości w układzie SI jest herc (Hz). $1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$

częstość kołowa drgań (ang. angular/radian frequency)

(ozn. ω) – stała określająca, ile pełnych drgań wykonuje ciało w ciągu 2π jednostek czasu (np. 2π sekund), tj.

$$\omega = 2\pi f.$$

ruch harmoniczny (ang. simple harmonic motion)

ruch drgający, w którym wypadkowa siła działająca na ciało jest proporcjonalna do wychylenia z położenia równowagi i zwrócona w jego stronę. Można ją zapisać w postaci

$$F_x = -m\omega^2 x,$$

gdzie x – wychylenie, m – masa ciała, ω – stała, zwana częstością kołową drgań.

W ruchu harmonicznym zależność wychylenia od czasu opisana jest funkcją trygonometryczną (np. sinus lub cosinus).

oscylator harmoniczny (ang. harmonic oscillator)

ciało poruszające się ruchem harmonicznym.

drgania izochroniczne (ang. isochronous oscillation)

(gr. *isos* – równy i *chronos* – czas) – to własność drgań polegająca na niezależności okresu drgań od ich amplitudy.

wahadło matematyczne (ang. simple gravity pendulum)

to idealne wahadło, definiowane jako punktowa masa zawieszona na nieważkiej i nierozciągliwej nici. Dobrym przybliżeniem wahadła matematycznego jest ciężarek zawieszony na nici. Uwaga: ruch takiego wahadła nie jest izochroniczny.

Film (standardowy)

Przykłady ruchu harmonicznego

Film zamieszczony poniżej składa się z dwóch części. W pierwszej przedstawiono przykłady drgań, które trudno zaobserwować: drgania struny gitary, widełek kamertonu i membrany głośnika (w zwolnionym tempie). W drugiej części pokazana jest rejestracja drgań skorupy ziemskiej za pomocą sejsmografu oraz rejestracja wykresów drgań harmoniczných za pomocą czujnika położenia. W filmie znajdziesz wyjaśnienie, jak rozpoznać drgania harmoniczne? Obejrzyj go i odpowiedz na pytanie.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Ds0kWLjvm>

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Które z drgań przedstawionych na filmie są drganiami harmonicznymi?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ruch drgający

- ☐ zachodzi pod wpływem stałej siły
- ☐ jest ruchem jednostajnie zmiennym
- ☐ jest ruchem okresowym

Ćwiczenie 2



Przykładem ruchu drgającego nie jest:

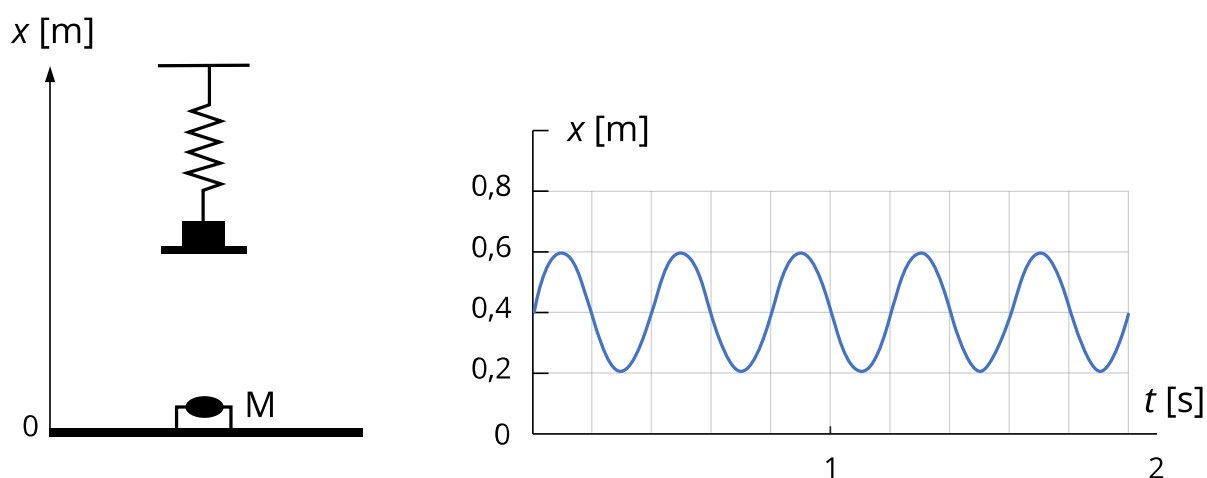
- ☐ ruch narciarza zjeżdżającego z wysokiej góry
- ☐ ruch wahadła zegara
- ☐ ruch struny gitary
- ☐ ruch ciężarka zawieszonego na sprężynie

Ćwiczenie 3



Uczniowie badali ruch wahadła zbudowanego z lejka wypełnionego piaskiem, zawieszonego na sznurku. Na kartonie, umieszczonym pod wahadłem, obserwowali jak układał się wysypujący się z lejka piasek podczas ruchu wahadła. Gdy karton był nieruchomy, piasek układał się na linii prostej. Jaki kształt miała obserwowana przez uczniów krzywa, gdy przesuwali oni karton ruchem jednostajnym w kierunku prostopadłym do płaszczyzny drgań wahadła?

Ćwiczenie 4



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

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Rysunek przedstawia schemat doświadczenia i wykres otrzymany przez uczniów podczas rejestracji drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie za pomocą czujnika odległości M . Uzupełnij zdanie wpisując w miejsce kropek wartości odczytane z wykresu.

Uczniowie odczytali z wykresu, że położenie równowagi ciężarka znajdowało się w punkcie

$x_0 =$ m, amplituda drgań wynosiła $A =$ m, okres drgań

$T =$ s.

Uwaga: wpisz odpowiedzi z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Ćwiczenie 5



Ciężarek zawieszony na sprężynie ma okres drgań 0,2 s. Uzupełnij zdanie:

Częstotliwość drgań tego ciężarka wynosi Hz.

Ćwiczenie 6



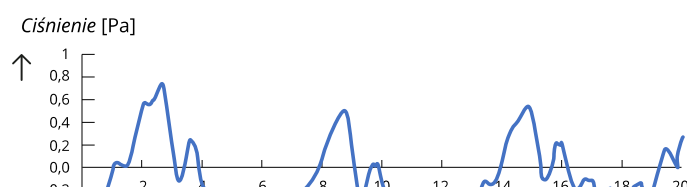
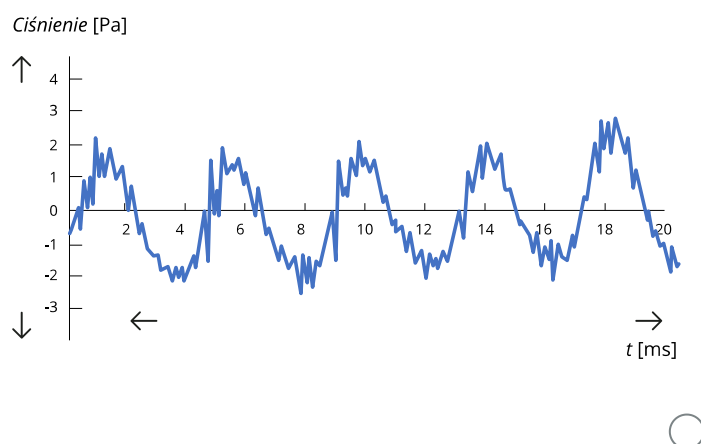
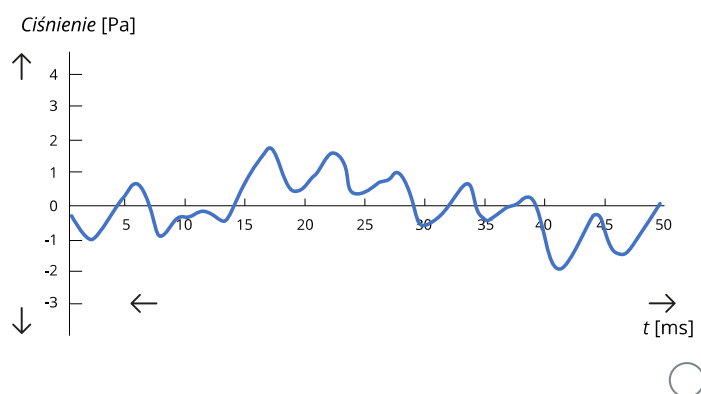
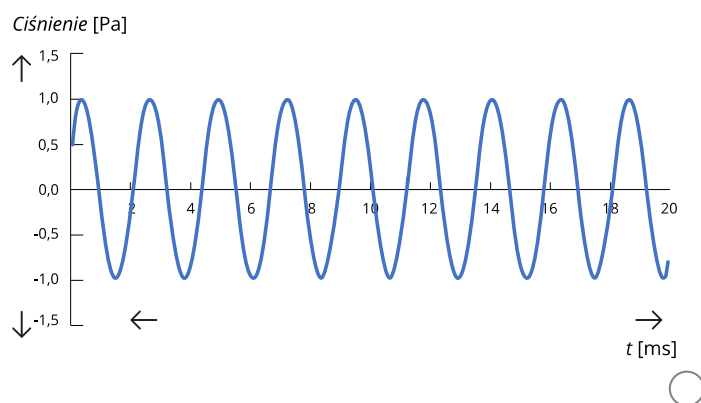
Amplituda drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie wynosiła 5 cm. Jaką drogę przebył ciężarek w czasie jednego okresu?

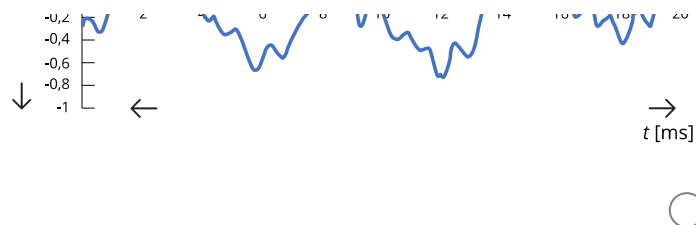
Odpowiedź: cm.

Ćwiczenie 7



Poniższe wykresy przedstawiają wyniki pomiarów ciśnienia akustycznego różnych dźwięków zarejestrowanych przez mikrofon. Wskaż wykres odpowiadający drganiom harmonicznym źródła dźwięku.





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

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ćwiczenie 8



Zaprojektuj doświadczenie, w którym zarejestrujesz ruch wahadła matematycznego za pomocą aplikacji zainstalowanej na smartfonie. Zadbaj o to, aby smartfon nie został uszkodzony podczas wykonywania doświadczenia!

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Elżbieta Kawecka
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Przykłady ruchu harmonicznego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy/rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. Zakres podstawowy Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; IV. Drgania. Uczeń: 2) analizuje ruch drgający pod wpływem siły sprężystości posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy oraz okresu drgań; podaje przykłady takiego ruchu; Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; V. Drgania. Uczeń: 2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego; podaje przykłady takich ruchów.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie 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. przywołuje przykłady ruchu drgającego oraz opisuje wykresy zależności położenia od czasu otrzymane podczas rejestracji tego ruchu; 2. wnioskuje, że ruch drgający, w którym wykres zależności wychylenia od czasu ma kształt sinusoidalny jest nazywany ruchem harmonicznym; 3. uzasadnia, że ruch harmoniczny jest szczególnym przypadkiem ruchu drgającego; 4. odczytuje z wykresu położenia od czasu amplitudę i okres drgań; 5. rozpoznaje ruch harmoniczny na podstawie wykresu; 6. analizuje wykresy zależności położenia od czasu ciężarka zawieszonego na sprężynie i wahadła matematycznego; 7. uzasadnia stwierdzenie, że drgania ciężarka zawieszonego na sprężynie i ruch wahadła matematycznego są z dobrym przybliżeniem drganiami harmonicznymi.
Strategie nauczania:	formative feedback - kształtująca (ucząca) informacja zwrotna lub ocenianie kształtujące
Metody nauczania:	- pogadanka wstępna, - dyskusja, - rozwiązywanie problemów.
Formy zajęć:	- praca indywidualna, - dyskusja, - praca w parach.
Środki dydaktyczne:	- film edukacyjny, - zestaw zadań.
Materiały pomocnicze:	Darmowe aplikacje do pomiarów przyspieszenia, prędkości kątowej na urządzenia mobilne (smartfon, iPhone), np. phyphox, Physics Toolbox Suite.

PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Zaciekawienie: Nawiązanie do wiedzy potocznej uczniów i przykładów drgań obserwowanych w życiu codziennym (według wstępu) Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy. Przykładowe pytania do uczniów: - Podaj przykłady i cechy ruchu drgającego. - Podaj związek okresu z częstotliwością drgań.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel omawia zadania uczniów. Uczniowie oglądają film edukacyjny „Przykłady ruchu harmonicznego”. Nauczyciel kieruje dyskusją na temat filmu. Uczniowie odpowiadają na pytanie: Które z drgań przedstawionych na filmie są drganiami harmonicznymi? Uzasadnij odpowiedź. Praca w parach. Uczniowie analizują wspólnie przykłady ruchu harmonicznego (opisane w filmie) oraz rozwiązują zadania: 1, 3, 6 z zestawu ćwiczeń.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie przeprowadzają dyskusję podsumowującą w oparciu o rozwiązanie zadań: 4, 5 i 7 z zestawu ćwiczeń.	
Praca domowa:	
Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań nr 2 i 8 z zestawu ćwiczeń.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Film edukacyjny „Przykłady ruchu harmonicznego” można wykorzystać podczas lekcji tak jak opisano w scenariuszu. Może być też samodzielnie wykorzystany przez uczniów przed lekcją oraz po lekcji do przypomnienia, powtórzenia. Uczniowie mogą przeprowadzić doświadczenia ze smartfonem w ramach pracy domowej.