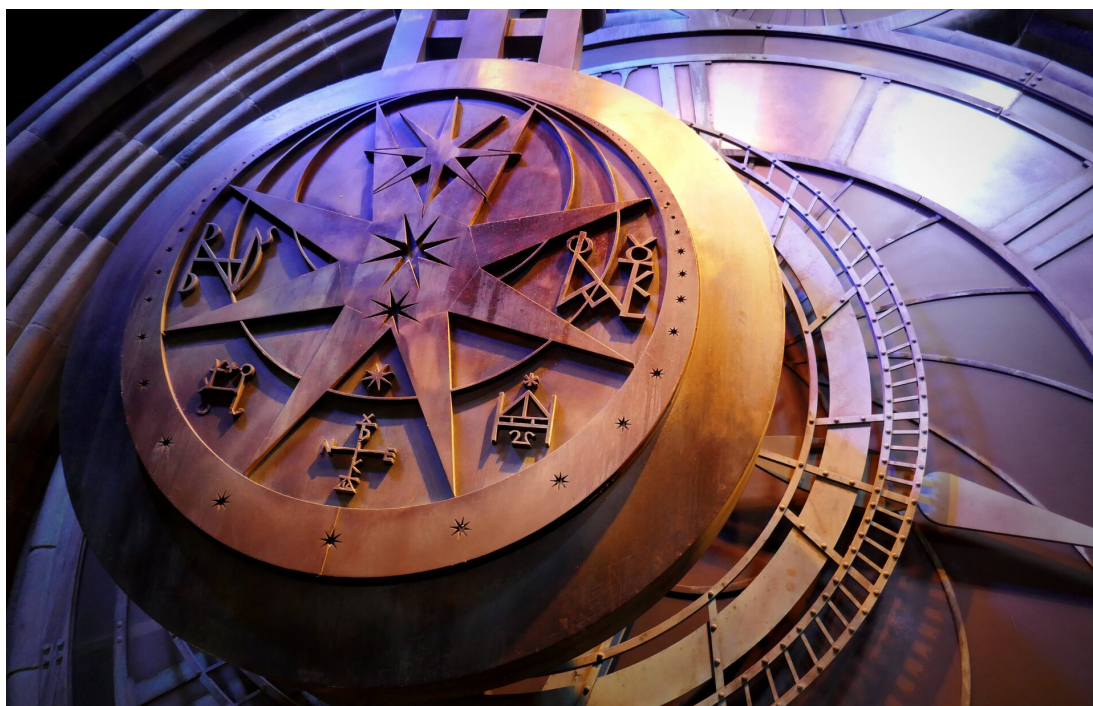


Ruch drgający prosty i wielkości go opisujące.
Przykłady ruchu drgającego.

Ruch drgający prosty i wielkości go opisujące. Przykłady ruchu drgającego.

Drgania występują podczas trzęsień Ziemi, drga huśtawka w parku, struna gitary i membrana głośnika. Co mają wspólnego te zjawiska? Jeśli chcesz poznać odpowiedź, czytaj dalej.



Tradycyjne zegary ściennie wykorzystują ruch wahadła w charakterze tak zwanego regulatora chodu, który pozwala im odmierzać precyzyjnie czas. Wahadło wykonuje ruch cykliczny nazywany przez fizyków ruchem drgającym

Źródło: Henry Burrows, dostępny w internecie: www.flickr.com, licencja: CC BY-SA 2.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- opisywanie ruchu ciała, posługując się pojęciem toru ruchu, drogi, prędkości;
- w jaki sposób mierzyć odległość oraz czas;
- jak analizować wykresy położenia od czasu w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym.

Nauczysz się

- definiować i opisywać ruch drgający;
- posługiwać się pojęciem amplitudy drgań, okresu i częstotliwości drgań;
- wskazywać położenie równowagi.

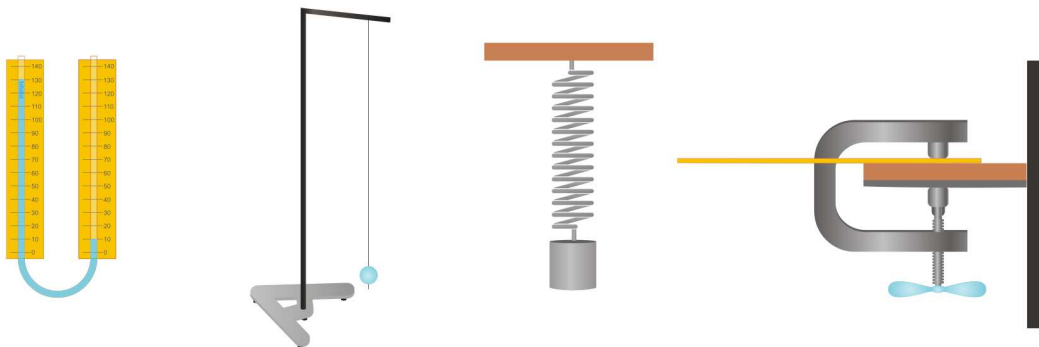
Aby lepiej wyjaśnić, czym jest ruch drgający, zaczniemy od przeprowadzenia pewnego doświadczenia.

Doświadczenie 1

Obserwacja ruchu ciężarka na sprężynie, ciężarka na nici, płaskiej sprężyny, wody w U – rurce.

Co będzie potrzebne

- dwa statywy z wyposażeniem;
- stalowa lub ołowiana kulka z otworem lub haczykiem do mocowania nici;
- mocna, nierozciągliwa nić;
- ciężarek;
- sprężyna;
- płaska sprężyna (może być linijka lub brzeszczot piły do metalu);
- imadło lub inny mechanizm do zamocowania sprężyny płaskiej;
- naczynie w kształcie litery U napelnione wodą.



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Instrukcja

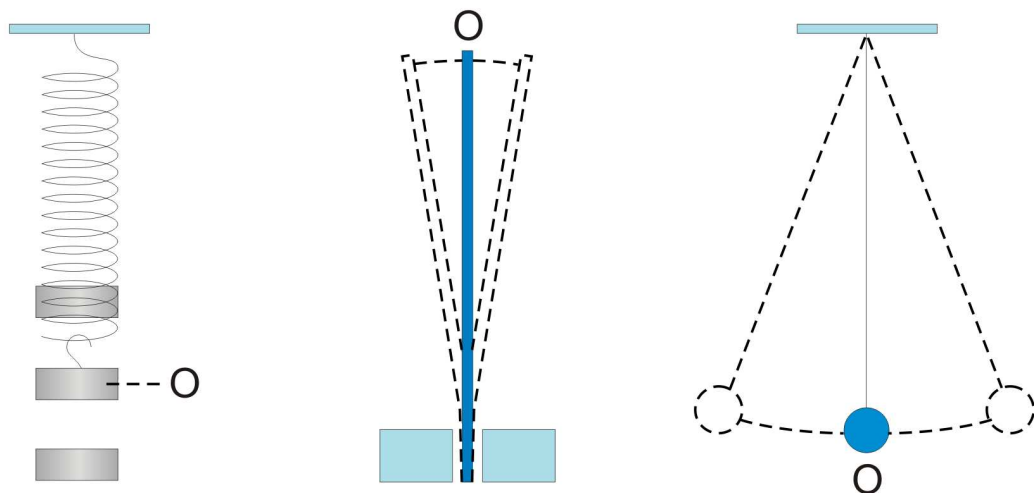
1. Zamocuj kulkę na nici i zawieś na statywie. Odchyl kulkę od pionu i pozwól jej się wahać.

2. Jeden koniec sprężyny zawieś na statywie, a do drugiego zaczepek ciężarek. Rozciągnij sprężynę, pociągając za ciężarek w dół, i puść go swobodnie.
3. Jeden koniec sprężyny płaskiej zamocuj w imadle, drugi pozostaw wolny. Prostopadle do długości sprężyny pociągnij za jej wolny koniec i puść – pozwól, aby wolny koniec sprężyny drgał.
4. Do U-rurki wlej taką ilość wody, aby naczynie było w połowie wypełnione. Dmuchnij do jednego z ramion U-rurki i obserwuj ruch powierzchni wody w jednym z ramion naczynia.
5. Obserwując ruchy wszystkich wymienionych wyżej obiektów, ustal, jakie wspólne cechy mają te ruchy.

Podsumowanie

Oto główne wspólne cechy obserwowanych ruchów:

1. Powtarzający się cyklicznie jeden fragment ruchu – nazywamy go jednym drganiem
2. Jeden punkt centralny, wokół którego ruch się odbywa – położenie równowagi O .
3. Ograniczona droga ruchu – wychylenie z położenia równowagi.



Taki ruch cykliczny w fizyce nazywa się **ruchem drgającym**. Znaczenie tego terminu jest szersze niż słowo „drganie” używane w języku ogólnym. Dla fizyka zarówno majestatyczne wahania zabytkowego żyrandola pod sufitem, czy huśtawki w parku, powtarzające się przyplawy i odpływy oceanu, jak i ruch skorupy ziemskiej podczas trzęsienia ziemi czy wibracje stołu podczas pracy jakiejś maszyny są nazywane ruchem drgającym.

Oto definicje wielkości służących do opisu ruchu drgającego.

amplituda

największe wychylenie z położenia równowagi. Oznaczamy ją literą A i mierzymy w metrach (lub centymetrach, kilometrach).

częstotliwość drgań

liczba pełnych drgań wykonanych w ciągu jednej sekundy. Oznaczamy ją literą f . Jednostką częstotliwości jest herc (symbol: Hz). Nazwa jednostki pochodzi od nazwiska niemieckiego fizyka [Heinricha Hertza](#).

Częstotliwość ma wartość 1 Hz, jeśli w czasie jednej sekundy zachodzi jedno pełne drganie:

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

okres drgań

czas trwania jednego pełnego drgania. Oznaczamy go literą T i mierzymy w sekundach.

Częstotliwość definiujemy jako stosunek liczby drgań n do czasu w którym te drgania następują t . Jeżeli zamienimy czas na liczbę drgań razy okres jednego drgania, to liczbę drgań będzie można skrócić:

$$f = \frac{n}{t} = \frac{n}{nT} = \frac{1}{T}$$

Okres drgań i częstotliwość drgań są więc ze sobą ściśle związane: częstotliwość jest odwrotnością okresu, czyli:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

Przykład 1

Kulka zawieszona na sprężynie cyklicznie unosi się i opada, wykonując ruch drgający. Kulka mija położenie równowagi co pół sekundy. Ile wynosi okres i częstotliwość drgań kulki?

Rozwiązanie:

Czas upływający między dwoma kolejnymi minięciami położenia równowagi przez kulkę to połowa czasu jednego drgania kulki, czyli połowa okresu.

Zatem okres drgań kulki wynosi: $T = 2 \cdot 0,5 \text{ s} = 1 \text{ s}$.

Częstotliwość obliczamy z zależności: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \text{ s}} = 1 \text{ Hz}$.

Odpowiedź:

Okres drgań kulki wynosi 1 s, a częstotliwość jej drgań – 1 Hz.

Spośród pokazanych wcześniej przykładów ruchu drgającego należy wyróżnić dwa:

1. [Wahadło matematyczne](#) – tak możemy nazwać kulkę na nici pod warunkiem, że masa kulki jest znacznie większa od masy nici (w podręcznikach fizyki często pisze się, że **nić jest nieważka** – czyli nic nie waży), więc można ją pominąć, a ponadto długość nici jest znacznie większa od średnicy kulki. Najlepsza jest kulka o rozmiarach punktu – nazywamy ją **punktem materialnym**. Ważne jest też, by nić nie zmieniała swojej długości podczas wahań kulki, czyli była **nierozciągliwa**.

2. **Cieżarek na sprężynie** – tutaj ważne jest, aby podczas drgań sprężyna rozciągała się tylko w zakresie odkształceń sprężystych, najlepiej jeśli masa ciężarka jest większa od masy sprężyny.

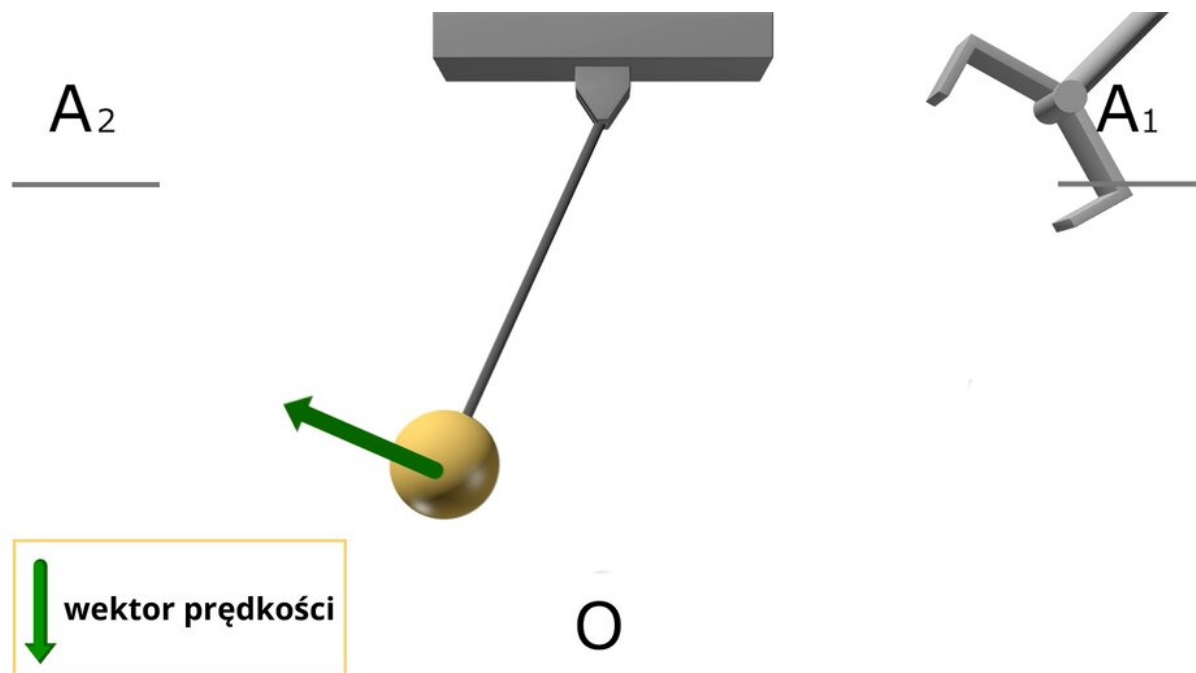
Te dwa przykłady wyróżniono, gdyż drgania ciężarka na sprężynie oraz ruch wahadła matematycznego to przykłady bardzo ważnego rodzaju drgań nazywanych [drganiami prostymi](#) lub [drganiami harmonicznymi](#).

Ruch drgający to jeden z najpowszechniejszych ruchów w przyrodzie: drgają atomy w nas i w całej otaczającej nas materii, drgają struny głosowe ludzi lub zwierząt wydających dźwięk, drgają membrany głośników. Na dodatek okazuje się, że każdy ruch drgający (cykliczny) można przedstawić jako złożenie (sumę) skończonej lub nieskończonej liczby drgań harmonicznymi.

Ruch wahadła matematycznego

Przeanalizujemy ruch wahadła matematycznego w bardzo zwolnionym tempie.

Trwa wczytywanie danych..



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R1FUA2qcXHk69](http://preview/resource/R1FUA2qcXHk69)

Ruch wahadła matematycznego

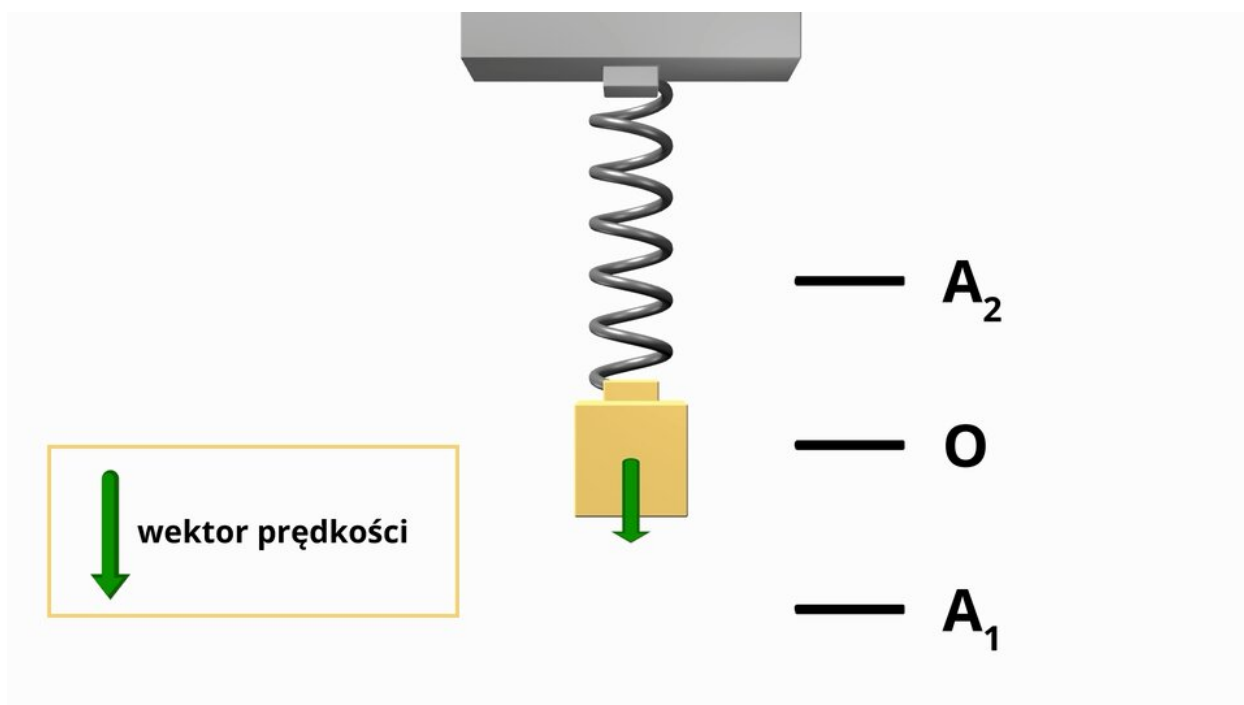
Źródło: Marcin Sadowski, Kevin MacLeod (<http://incompetech.com>), Krzysztof Jaworski, Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film prezentujący ruch wahadła matematycznego.

Zaczynamy od położenia A_1 – jest to największe wychylenie na prawo od położenia równowagi O . Kulka rozpoczyna ruch w lewo, zbliżając się do położenia równowagi O . Oznacza to, że jej wychylenie maleje. Można zauważyć, że wartość prędkości kulki rośnie. Kiedy kulka miją położenie równowagi, wartość jej prędkości osiąga największą wartość. Czas trwania ruchu kulki z punktu A_1 do punktu O wynosi $\frac{1}{4}$ okresu, a przebyta przez nią droga jest równa wartości amplitudy. Dalszy ruch w lewo to oddalanie się kulki z położenia równowagi O w stronę punktu A_2 . Na tym etapie wychylenie z położenia równowagi rośnie, a wartość prędkości kulki maleje. W punkcie A_2 prędkość kulki osiąga wartość zero. Upłynęła kolejna $\frac{1}{4}$ okresu, droga wzrosła zaś o kolejną wartość amplitudy. Teraz następuje zmiana zwrotu prędkości – kulka zawraca i zaczyna poruszać się w prawo. Wychylenie kulki maleje, wartość prędkości rośnie aż do momentu, gdy miją punkt O . Po minięciu tego punktu kulka nadal porusza się w prawo, ale wartość jej prędkość maleje, a wychylenie z położenia równowagi rośnie. Z chwilą gdy kulka znajdzie się ponownie w punkcie A_1 , kończy się jeden pełny cykl jej ruchu – jedno drganie. Prędkość kulki osiąga tu wartość zero, następuje zmiana zwrotu prędkości i kulka ponownie rozpoczyna ruch w lewo.

Ruch ciężarka na sprężynie

Trwa wczytywanie danych..



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1JCZvQA95LYF>

Ruch ciężarka na sprężynie

Źródło: Marcin Sadowski, Kevin MacLeod (<http://incompetech.com>), Krzysztof Jaworski, Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film o ruchu ciężarka na sprężynie

Zapoznaj się z powyższą animacją i wykonaj ćwiczenie 2. Skorzystaj z wiedzy, jaka zawarta jest w poprzednim paragrafie.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Wykres zależności położenia od czasu w ruchu drgającym

Opis ruchu drgającego, podobnie jak opis każdego ruchu, można przedstawić graficznie jako wykres przedstawiający zależność położenia od czasu. Aby sporządzić taki wykres dla ruchu drgającego, prześledź (w miarę możliwości, wykonaj) poniższe doświadczenie.

Doświadczenie 2

Sporządzenie wykresu zależności położenia od czasu w ruchu drgającym.

Co będzie potrzebne

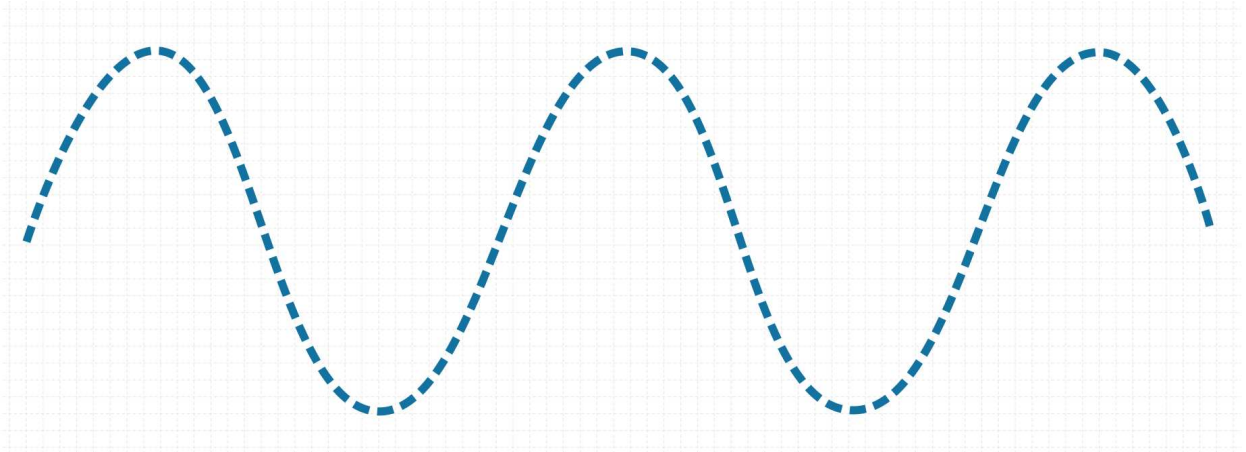
- statywy z wyposażeniem;
- plastikowa butelka po wodzie mineralnej, kilka nakrętek do tej butelki;
- sztywny gładki pręt – na przykład drut dziewiarski;
- papierowa taśma o szerokości około 20 cm i długości co najmniej 50 cm.

Instrukcja

1. Odetnij dno plastikowej butelki, a w odległości około 1 cm od powstałej po odcięciu krawędzi wytnij dwa leżące naprzeciw siebie otwory.
2. W nakrętce wykonaj mały otwór. Powinien być tak dobrany, żeby woda wlana do butelki wyciekła z niej bardzo cienkim strumieniem, najlepiej w postaci ciągu pojedynczych kropli. Trzeba to zrobić metodą prób i błędów – dlatego warto mieć kilka zakrętek, próby wykonywać zaś nad zlewem lub umywalką.
3. Przez otwory przeciągnij pręt, na którym zawiesznie belka (nakrętka w dół).
4. Pręt zamocuj na statywie tak, aby butelka mogła wykonywać ruch wahadłowy.
5. Do zawieszzonej i zakręconej dziurawą nakrętką butelki nalej wody.
W początkowej fazie pod nakrętką warto podłożyć jakąś gąbkę lub bibułę, którą usuniesz tuż przed rozpoczęciem obserwacji.
6. Na stole, nad którym wahać się będzie butelka, połóż papierową taśmę.
7. Wpraw butelkę w ruch wahadłowy – krople wody ułożą się na papierze, tworząc odcinek.
8. Zaczynij ciągnąć taśmę w kierunku prostopadłym do odcinka utworzonego wcześniej przez wodę. Ruch taśmy powinien być jednostajny i niezbyt szybki.
9. Odsuń taśmę, chroniąc ją przed dalszym zalewaniem wodą. To, co na niej powstało, jest wynikiem twojego doświadczenia.
10. Wylej wodę pozostałą w butelce i wytrzyj stół.

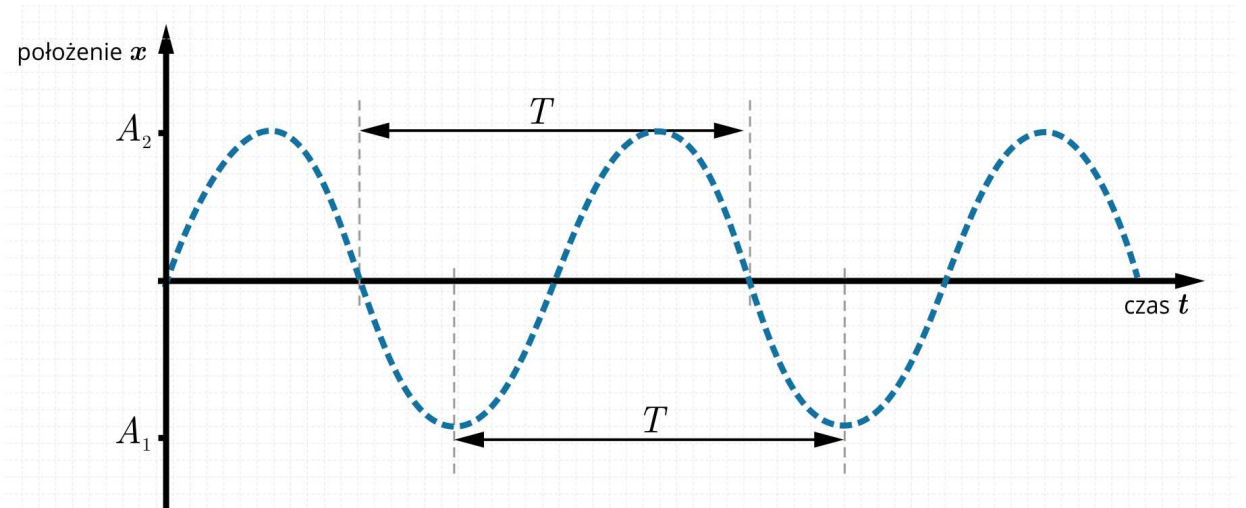
Podsumowanie

Na papierowej taśmie kapiące krople zostawiły ślad, którego kształt wygląda, w przybliżeniu, tak jak na poniższym rysunku.



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Otrzymana linia nazywa się sinusoidą i przedstawia zależność wychylenia od czasu w ruchu drgającym prostym (w ruchu harmonicznym). Możemy umieścić ją w układzie współrzędnych.



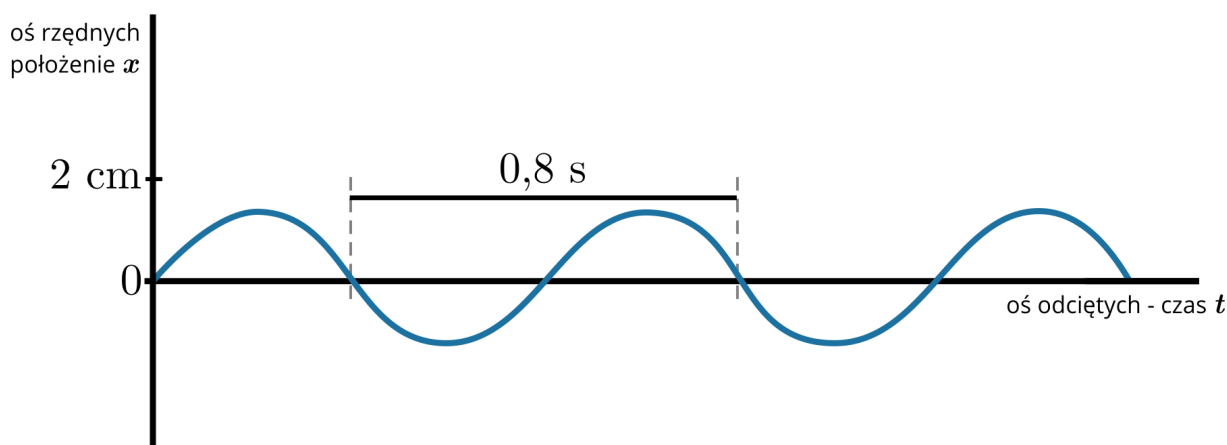
Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Na osi rzędnych (oś pionowa) umieszczono położenie drgającego ciała (w naszym doświadczeniu zakrętki butelki). Położenie to oznaczono literą x . Na osi odciętych (oś pozioma) umieszczono czas i oznaczono go literą t . Wartość 0 na osi położenia x to **położenie równowagi** (środek odcinka „narysowanego” przez kropelki wody na początku doświadczenia). Punkty A_1 i A_2 to miejsca zawracania butelki podczas wahań, a ich współrzędna – wartość **amplitudy drgań**. Na osi czasu odcinki T to **okres drgań**,

czyli czas jednego pełnego wahnięcia. Zauważmy, że możemy je liczyć zarówno od punktu przecięcia sinusoidy z osią poziomą x , jak i od punktów maksymalnych wychyleń. Ważne jest, żeby odcinki kończyły się w takim samym punkcie, w jakim się zaczęły. Dysponując takim wykresem, możemy odczytać wartość amplitudy drgań oraz okres drgań, a następnie obliczyć częstotliwość drgań.

Przykład 2

Poniższy rysunek przedstawia zależność położenia od czasu dla ciężarka drgającego na sprężynie. Odczytaj z wykresu amplitudę drgań, okres drgań oraz oblicz częstotliwość drgań ciężarka.



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Rozwiązanie:

Amplituda drgań to największe wychylenie z położenia równowagi. Jej wartość odczytujemy na osi położenia x . Z rysunku wynika, że oś położenia wyskalowana jest w centymetrach, zatem amplituda drgań ciężarka wynosi $A = 2 \text{ cm}$.

Okres drgań odczytujemy na osi czasu. Oś ta wyskalowana jest w sekundach, a na rysunku widać, że jeden pełny cykl zmian odpowiada przedziałowi czasu $0,8 \text{ s}$, zatem okres drgań ciężarka wynosi $T = 0,8 \text{ s}$.

Częstotliwość obliczamy podobnie, jak w pierwszym przykładzie, czyli:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,8 \text{ s}} = 1,25 \text{ Hz}$$

Podsumowanie

- Ruch drgający to taki ruch, w którym wartości wielkości fizycznych opisujących go, powtarzają się cyklicznie (okresowo).
- Ruch drgający odbywa się wokół punktu zwanego położeniem równowagi.
- Wielkościami opisującymi ruch drgający są:
 - Amplituda drgań A – największe wychylenie z położenia równowagi; jednostka – metr [m].
 - Okres drgań T – czas trwania jednego pełnego drgania; jednostka – sekunda [s].
 - Częstotliwość drgań f – liczba drgań w jednostce czasu; jednostka – herc [Hz].
 - Częstotliwość i okres są ze sobą związane: $f = \frac{1}{T}$.
- Przykładami układów drgających są: wahadło matematyczne i ciężarek na sprężynie, które wykonują drgania harmoniczne.
- Wykresem zależności położenia od czasu w ruchu harmonicznym jest sinusoida. Z tego wykresu można odczytać amplitudę i okres drgań.

Ćwiczenie 3

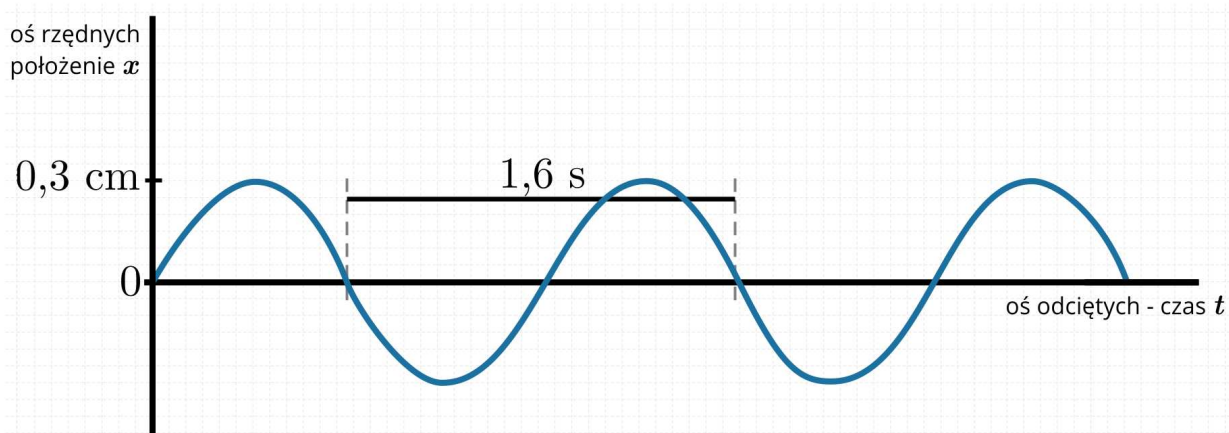


Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4



Rysunek przedstawia wykres zależności położenia od czasu dla boi kołyszącej się na wodzie. Z wykresu odczytaj amplitudę i okres drgań oraz oblicz częstotliwość drgań.



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6



Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

drgania harmoniczne (drgania proste)

rodzaj ruchu drgającego, w którym wykresem położenia od czasu jest sinusoida. Drgania takie wywoływane są przez siłę sprężystą lub inne siły do niej podobne.

wahadło matematyczne

punkt materialny zawieszony na nieważkiej i nierozciągliwej nici.

Biogram



Heinrich Hertz

Źródło: dostępny w internecie: <http://commons.wikimedia.org>, domena publiczna.

Heinrich Rudolf Hertz

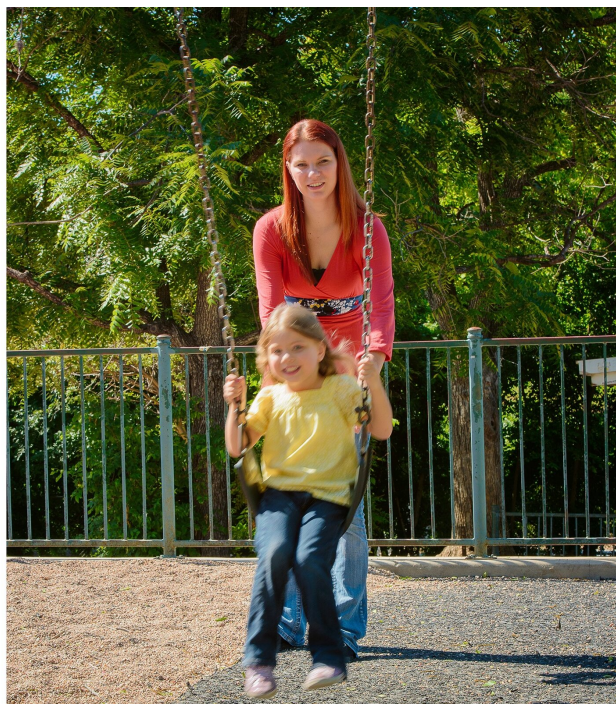
1857.02.22 Hamburg – 1894.01.1 Bonn

[hajnrís rudolf herc]

Heinrich Hertz badał fale elektromagnetyczne. Wykazał, że one i światło są tożsame, a ich prędkość rozchodzenia się jest taka sama. Odkrył zewnętrzny efekt fotoelektryczny. Na cześć tego uczonego jednostkę częstotliwości nazwano hercem (Hz).

Zadanie podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 7



Na huśtawce

Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.