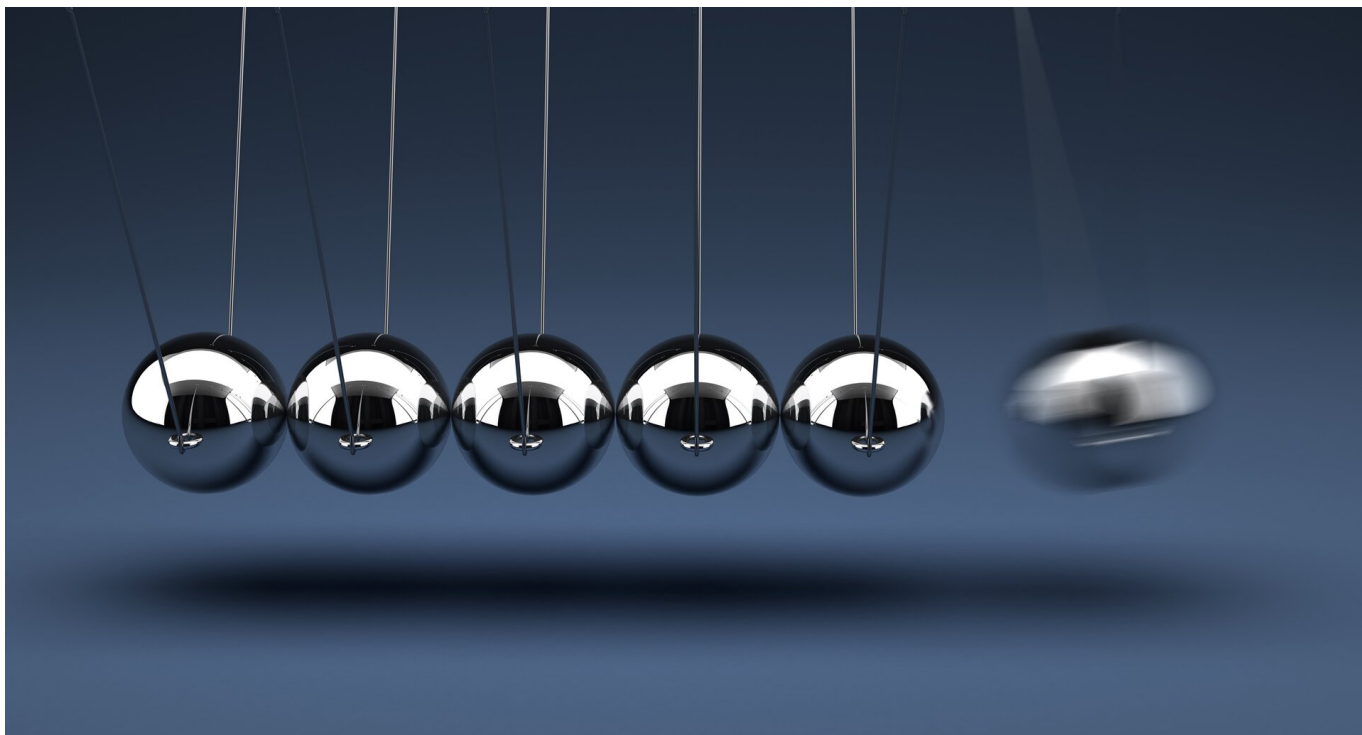
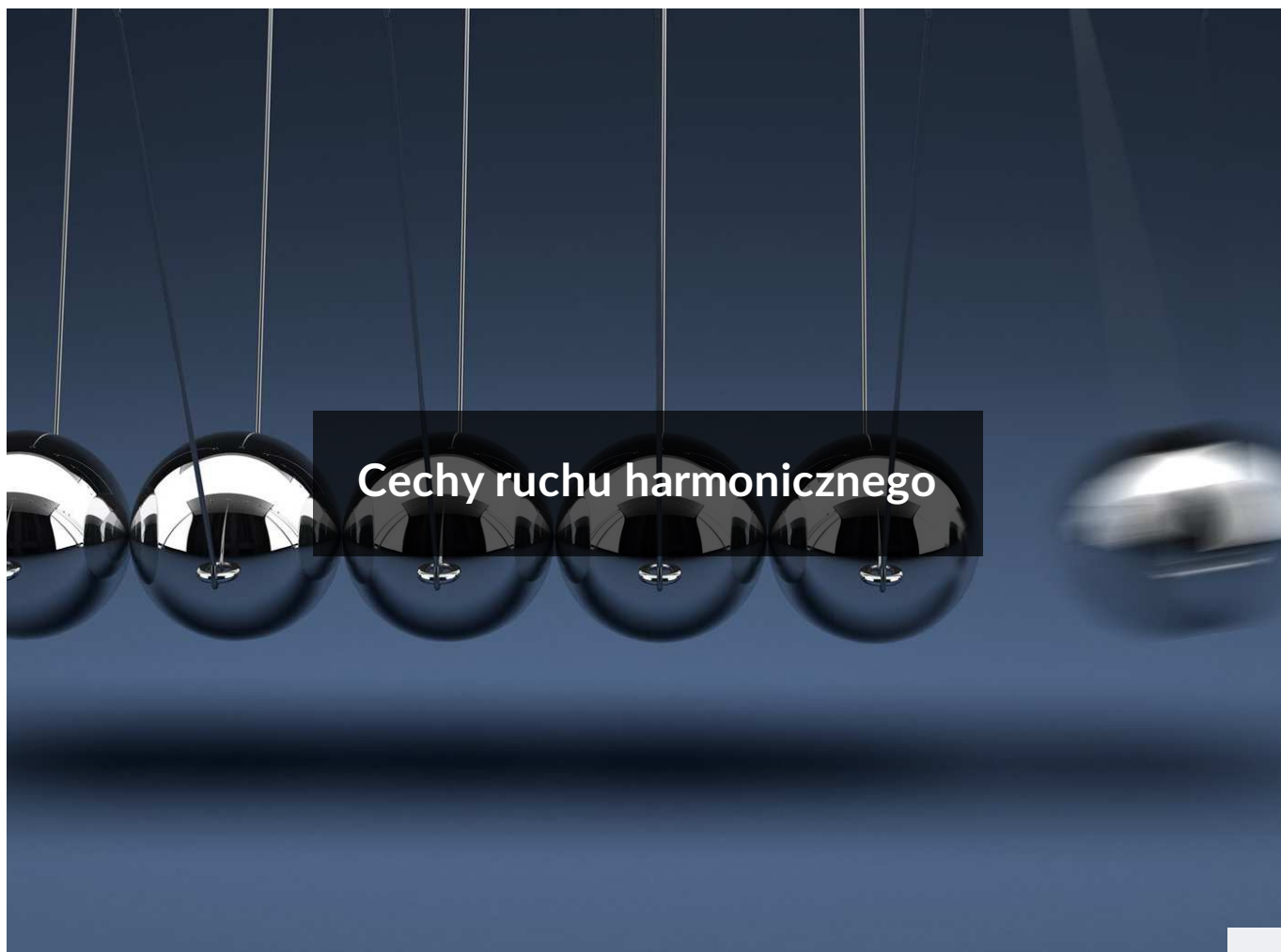




Cechy ruchu harmonicznego

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



Czy to nie ciekawe?

Ruchem drgającym zajmował się już Galileusz, któremu przypisuje się pomysł wykorzystania wahadła do pomiaru czasu. Drgają struny gitary, widełki kamertonu, słup powietrza w instrumentach dętych. Drgają cząsteczki i atomy, drga most, przez który przejeżdżają pojazdy. Ruch drgający jest – jeśli pominąć tłumienie – ruchem okresowym. Jego analiza może być bardzo złożona. W tym e-materiale poznamy cechy charakterystyczne najprostszego ruchu drgającego, zwanego ruchem harmonicznym.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, co to jest ruch harmoniczny,
- poznasz cechy ruchu harmonicznego,
- poznasz wielkości stosowane do opisu ruchu harmonicznego,
- zrozumiesz, jak odróżnić ruch harmoniczny od innych ruchów okresowych,
- zastosujesz grafikę interaktywną do poznania i zrozumienia cech ruchu harmonicznego,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz wykresy zależności wychylenia i prędkości od czasu ciała poruszającego się ruchem harmonicznym.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Ruch harmoniczny to taki ruch drgający, w którym wypadkowa siła działająca na ciało jest proporcjonalna do wychylenia z położenia równowagi i zwrócona ku niemu. Można ją zapisać w postaci

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

gdzie x – wychylenie, m – masa ciała, ω – wielkość proporcjonalna do częstotliwości drgań, zwana częstością kołową drgań. Znak minus wskazuje, że siła zwrócona jest przeciwnie do wychylenia (tj. ku położeniu równowagi).

Częstość kołowa drgań ω określa, ile pełnych drgań [oscylator harmoniczny](#) wykonuje w ciągu 2π jednostek czasu (np. 2π sekund), czyli jest to częstotliwość mnożona przez 2π :

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

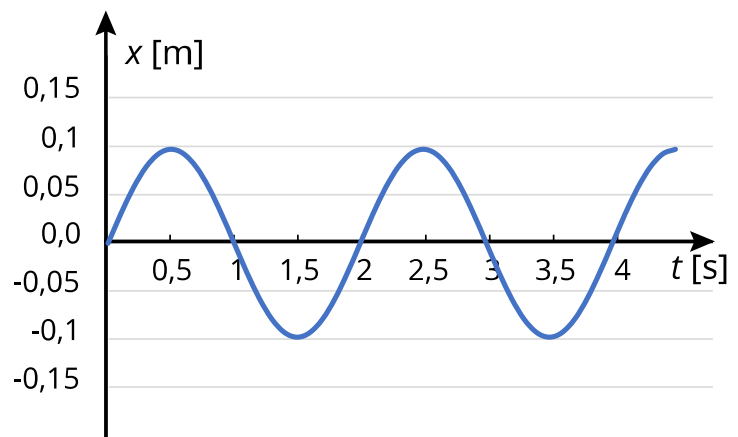
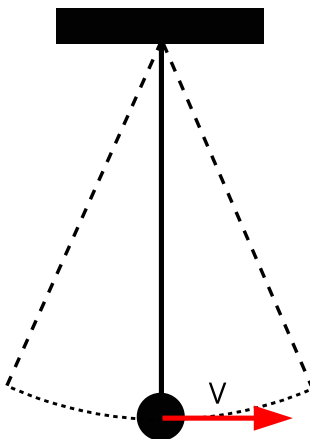
Jednostką częstości kołowej w układzie SI jest radian na sekundę (rad/s).

W ruchu harmonicznym zależność wychylenia od czasu opisuje zależność

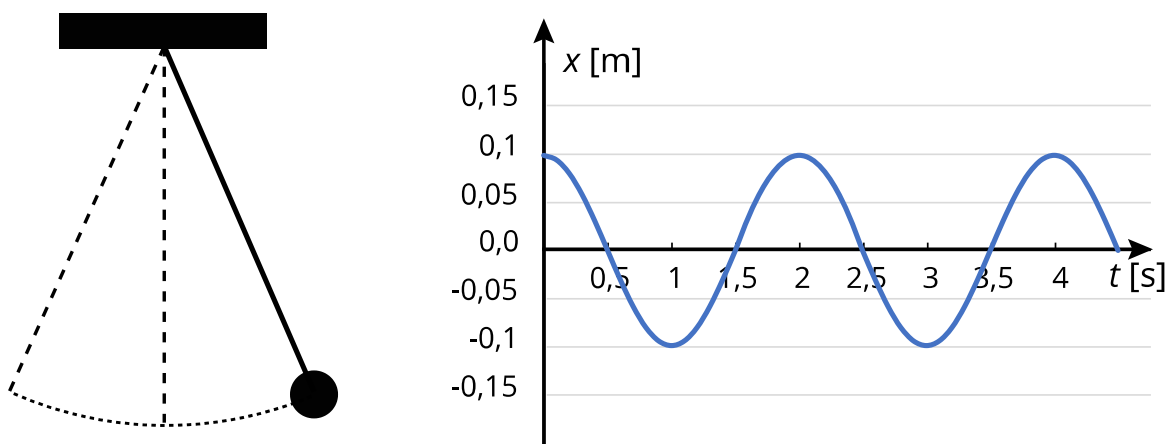
$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

gdzie A – amplituda drgań, ω – częstość kołowa, $(\omega t + \varphi)$ – faza drgań, a φ – faza początkowa.

Faza początkowa określa położenie ciała w chwili $t = 0$ (Rys. 1. i 2.).

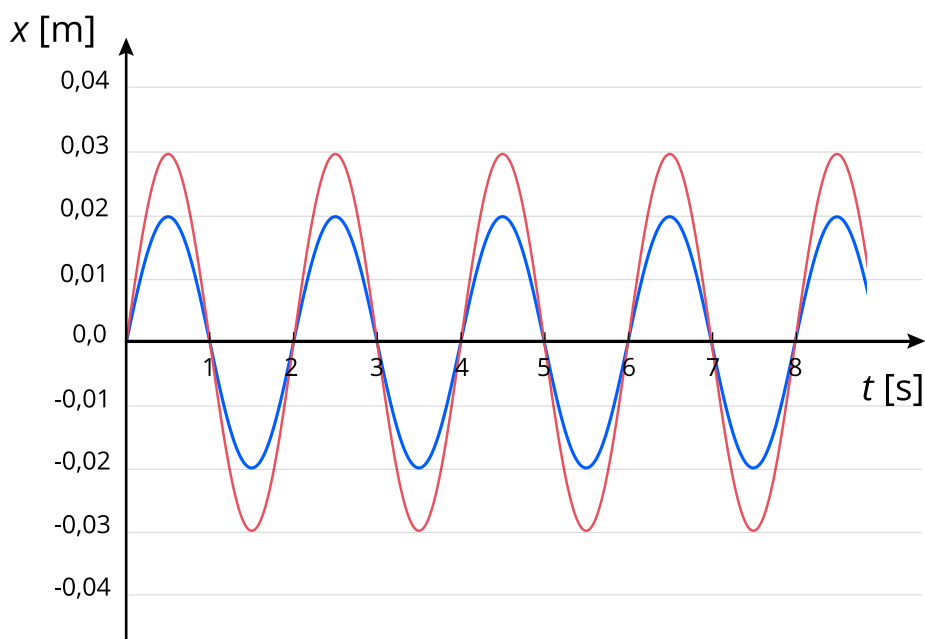


Rys. 1. Położenie wahadła w chwili $t = 0$ (z zaznaczonym wektorem prędkości) i odpowiadający mu wykres $x(t)$. Okres drgań $T = 2$ s, amplituda $A = 0,1$ m, a faza początkowa jest równa zero



Rys. 2. Położenie wahadła w chwili $t = 0$ i odpowiadający mu wykres $x(t)$. Faza początkowa jest równa $\pi/2$, wykres z Rys. 1. jest przesunięty o $1/4$ okresu w lewo

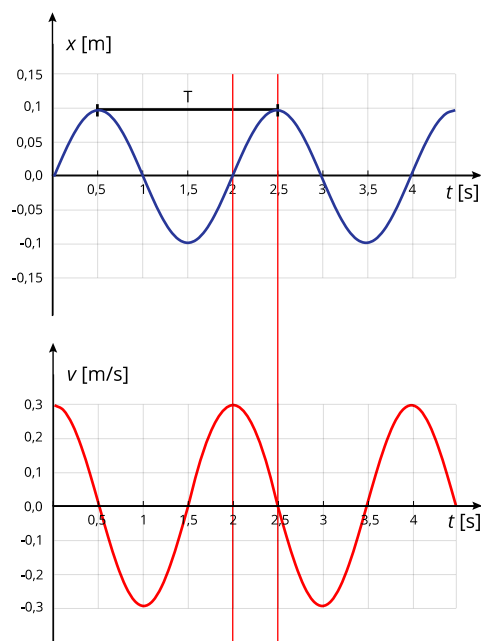
Już Galileusz odkrył, że okres drgań wahadła nie zależy od amplitudy przy małych wychyleniach. Cecha ta, zwana **izochronizmem**, została wykorzystana do pomiaru czasu.



Rys. 3. Wykresy wychyleń w ruchu harmonicznym przy różnych amplitudach drgań i tym samym okresie.

W ruchu harmonicznym prędkość poruszającego się ciała zmienia się okresowo: przyjmuje maksymalną wartość przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi (dla $x = 0$), a jest równa zero w skrajnych położeniach (dla $x = \pm A$), przy zmianie zwrotu wektora prędkości.

Wykres zależności prędkości od czasu ma kształt sinusoidalny, ale jest przesunięty w stosunku do wykresu wychylenia o $1/4$ okresu (Rys. 4.).



Rys. 4. Wykresy wychylenia $x(t)$ i prędkości $v(t)$ są przesunięte względem siebie o $1/4 T$. Wartość prędkości jest maksymalna dla $x = 0$, a równa zero dla $x = \pm A$

Słowniczek

Oscylator harmoniczny (ang. harmonic oscillator)

to ciało poruszające się ruchem harmonicznym.

Izochronizm (ang. isochronism)

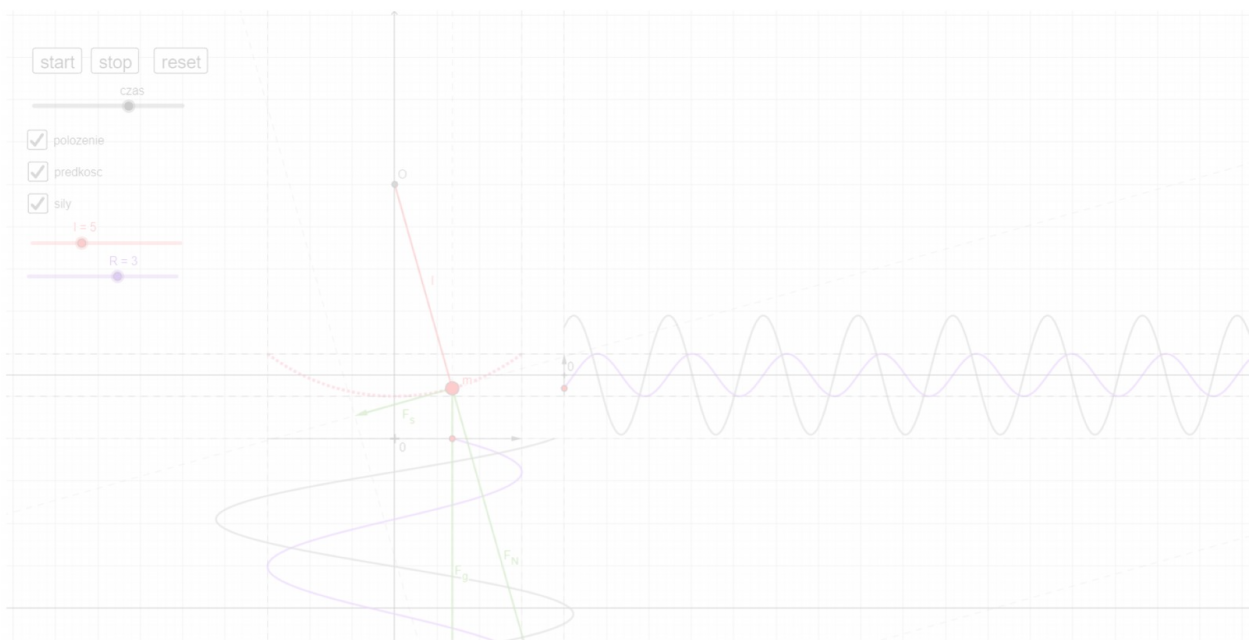
(od greckiego *isos* – równy i *chronos* – czas) to własność drgań polegająca na niezależności okresu drgań od amplitudy.

Symulacja interaktywna

Cechy ruchu harmonicznego

Symulacja interaktywna przedstawia cechy ruchu harmonicznego na przykładzie wahadła matematycznego (punktu materialnego poruszającego się po łuku okręgu o promieniu równym długości wahadła pod wpływem siły ciężenia). Umożliwia poznanie rozkładu sił oraz własności siły wypadkowej, odpowiedzialnej za ruch harmoniczny.

Parametr l pozwala na zmianę długości wahadła, natomiast R pozwala kontrolować początkowe wychylenie (poprzez zmianę amplitudy drgań).



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dm7ZfRnZ7>

Polecenie 1

Sprawdź na symulacji, jak długość wahadła wpływa na jego okres.

Polecenie 2

Czy początkowe wychylenie wahadła wpływa na jego okres?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż zdania, które poprawnie opisują ruch harmoniczny.

- ☐ Ruch harmoniczny to taki ruch drgający, w którym wypadkowa siła działająca na ciało jest proporcjonalna do wychylenia z położenia równowagi i zwrócona ku niemu.
- ☐ Wykres zależności wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym jest linią prostą.
- ☐ Wykres zależności wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym ma kształt sinusoidalny.
- ☐ Każdy ruch drgający jest ruchem harmonicznym.

Ćwiczenie 2



Które z podanych stwierdzeń jest/są prawdziwe?

- ☐ W ruchu harmonicznym przyspieszenie jest stałe.
- ☐ W ruchu harmonicznym amplituda zależy od wychylenia.
- ☐ W ruchu harmonicznym okres drgań zależy od amplitudy.
- ☐ W ruchu harmonicznym siła jest wprost proporcjonalna do wychylenia.

Ćwiczenie 3



Wahadło odchylone od pionu rozpoczęło ruch i po raz pierwszy przeszło przez położenie równowagi po 0,5 sekundy. Ile wynosi okres drgań i częstotliwość tego wahadła?

☐ 1 s; 0,5 Hz

☐ 1 s; 1 Hz

☐ 2 s; 0,5 Hz

☐ 2 s; 2 Hz

Ćwiczenie 4



Zależność od czasu wychylenia ciała poruszającego się ruchem harmonicznym z amplitudą A i częstotliwością kątową ω opisuje wyrażenie

☐ $x(t) = A(\omega t + \varphi)^2$

☐ $x(t) = A(\omega t + \varphi)$

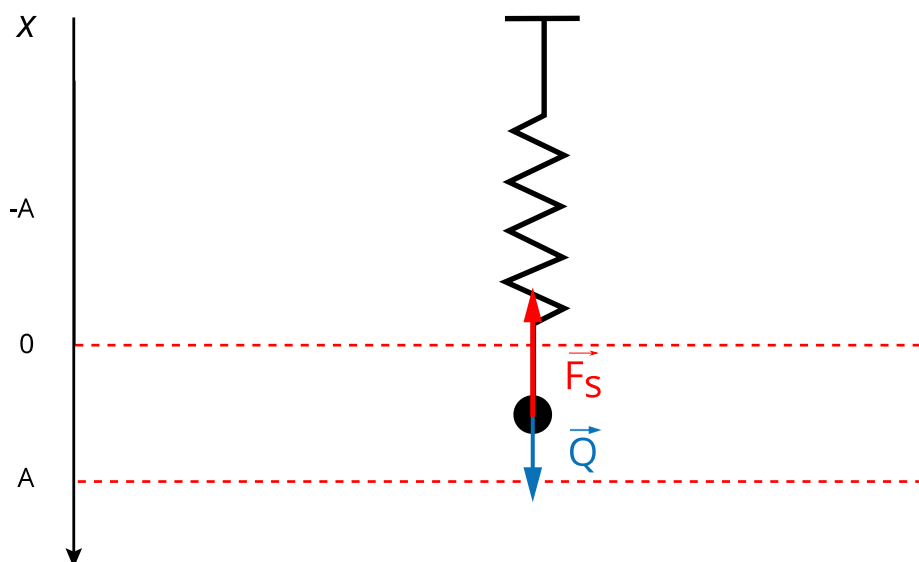
☐ $x(t) = A \sin^2 (\omega t + \varphi)$

☐ $x(t) = A \sin (\omega t + \varphi)$

Ćwiczenie 5



Na rysunku przedstawiono siły działające na drgający ciężarek zawieszony na sprężynie, gdy znajduje się on poniżej położenia równowagi, które wybraliśmy w $x = 0$. Przyjęto oznaczenia: Q – współrzędna siły ciężkości ciężarka, F_s – współrzędna siły sprężystości sprężyny. W sytuacji przedstawionej na rysunku:



- ☐ Wypadkowa siła działająca na ciężarek jest zwrócona pionowo do dołu, a jej wartość jest równa $F_s + Q$.
- ☐ Wypadkowa siła działająca na ciężarek jest zwrócona pionowo do góry, a jej wartość jest równa $F_s - Q$.
- ☐ Wypadkowa siła działająca na ciężarek jest zwrócona pionowo do dołu, a jej wartość jest równa $F_s - Q$.
- ☐ Wypadkowa siła działająca na ciężarek jest zwrócona pionowo do góry, a jej wartość jest równa $F_s + Q$.

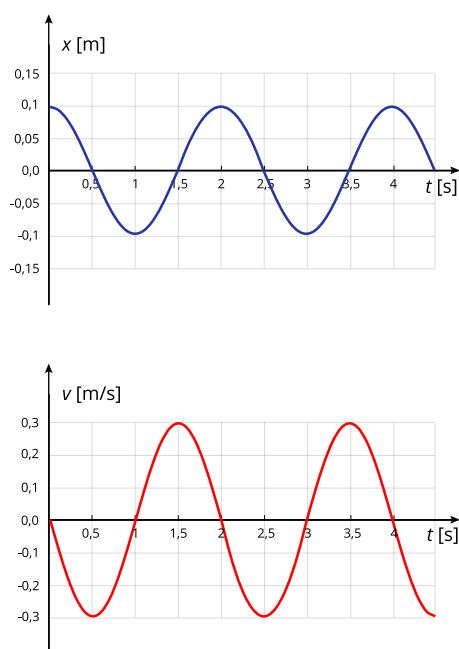
Ćwiczenie 6



Uzupełnij zdanie wskazując właściwe słowa w nawiasie.

Prędkość ciała poruszającego się ruchem harmonicznym z amplitudą A ma największą wartość, gdy wychylenie jest równe ($\pm A$ ☐ / zero ☐), a jest równa zero, gdy wychylenie jest równe ($\pm A$ ☐ / zero ☐).

Ćwiczenie 7



Wykresy przedstawiają zależność wychylenia i prędkości od czasu ciała poruszającego się ruchem harmonicznym dla fazy początkowej równej zero. Wskaż, które z podanych zdań są prawdziwe, a które fałszywe, wpisując w prawej kolumnie P lub F (P – prawda, F – fałsz).

1. W chwili $t = 0$ s wychylenie jest równe 0,1 m, a wartość prędkości $v = 0$: P ☐ / F ☐
2. W chwili $t = 1$ s wychylenie jest równe 0,1 m, a wartość prędkości $v = 0$: P ☐ / F ☐
3. Wykres prędkości jest przesunięty względem wykresu wychylenia o $1/4$ okresu: P ☐ / F ☐
4. Okres drgań jest równy 2 s, a amplituda 0,2 m: P ☐ / F ☐
5. Okres drgań jest równy 2 s, a amplituda 0,1 m: P ☐ / F ☐
6. Okres drgań jest równy 1 s, a amplituda 0,2 m: P ☐ / F ☐
7. Okres drgań jest równy 1 s, a amplituda 0,1 m: P ☐ / F ☐

Ćwiczenie 8



Ciało wykonuje drgania harmoniczne o okresie 0,5 s i amplitudzie 0,02 m. Wskaż wyrażenie, które poprawnie opisuje zależność wychylenia od czasu dla tego ruchu. Faza początkowa wynosi zero.

☐ $x(t) = (0,02 \text{ m}) \sin ((4\pi/\text{s})t)$

☐ $x(t) = (0,02 \text{ m}) \sin ((2/\text{s})t)$

☐ $x(t) = (0,01 \text{ m}) \sin ((2/\text{s})t)$

☐ $x(t) = (0,01 \text{ m}) \sin ((4\pi/\text{s})t)$

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Elżbieta Kawecka
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Cechy ruchu harmonicznego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy/rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia - wymagania ogólne 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: 3) opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy, częstości kołowej i przesunięcia fazowego; rozróżnia drgania o fazach zgodnych lub przeciwnych.

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:	W tym e-materiale uczeń: 1. objaśnia, co to jest ruch harmoniczny, 2. podaje cechy ruchu harmonicznego, 3. wymienia wielkości stosowane do opisu ruchu harmonicznego, 4. odróżnia ruch harmoniczny od innych ruchów, 5. stosuje symulację interaktywną do poznania i zrozumienia cech ruchu harmonicznego, 6. analizuje i interpretuje wykresy zależności wychylenia i prędkości od czasu ciała poruszającego się ruchem harmonicznym.
Strategie nauczania:	formative feedback – kształtująca (ucząca) informacja zwrotna lub ocenianie kształtujące
Metody nauczania:	- pogadanka wprowadzająca, - praca z wykorzystaniem multimediiów, - dyskusja.
Formy zajęć:	- praca w parach, - dyskusja.
Środki dydaktyczne:	- grafika interaktywna, - zestaw zadań.
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Przykłady ruchu harmonicznego.”, „Badanie ruchu harmonicznego na przykładzie drgań klocka na sprężynie.”, „Co to jest ruch harmoniczny?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

Zaciekawienie (pogadanka wstępna):

Nawiązanie do wiedzy uczniów na temat ruchu drgającego oraz zjawiska izochronizmu. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy:

Pytania skierowane do uczniów:

- Czy każdy ruch drgający jest ruchem harmonicznym? Wyjaśnij na przykładzie.
- Wymień i zdefiniuj wielkości fizyczne, stosowane do opisu ruchu harmonicznego.

Faza realizacyjna:

Nauczyciel dzieli klasę na grupy 2-osobowe (np. metodą losowania) i omawia zadania. Uczniowie pracują w parach. Zapoznają się z symulacją interaktywną.

Uczniowie dyskutują w parach, czym się charakteryzuje ruch harmoniczny. Analizują i porównują wykresy zależności wychylenia i prędkości od czasu z części tekstowej e-materiału.

Nauczyciel obserwuje pracę uczniów, w razie potrzeby udziela wskazówek.

Praca w parach. Uczniowie rozwiązują zadania: 1, 6 i 7 z zestawu zadań interaktywnych.

Nauczyciel obserwuje pracę uczniów, pomaga, wyjaśnia wątpliwości.

Faza podsumowująca:

- Praca w parach. Uczniowie rozwiązują zadania: 4, 5, 8 z zestawu zadań interaktywnych.

- Nauczyciel kieruje dyskusją podsumowującą w oparciu o rozwiązane zadania.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań nr 2 i 3 z zestawu zadań interaktywnych.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium:**

Symulację interaktywną „Cechy ruchu harmonicznego” można wykorzystać podczas lekcji według scenariusza. Może być też samodzielnie wykorzystana przez uczniów do powtórzenia i utrwalenia wiadomości.