

Badanie ruchu harmonicznego na przykładzie drgań klocka na sprężynie

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



Badanie ruchu harmonicznego na przykładzie drgań klocka na sprężynie

Czy to nie ciekawe?

Fizycy często stosują uproszczenia i modele (np. model gazu doskonałego, model budowy atomu, model kryształu), aby prowadzić analizę zjawisk fizycznych w idealnych warunkach. Model oscylatora harmonicznego jest jednym z częściej używanych - wiele zjawisk fizycznych w dobrym przybliżeniu (w mechanice zwanym „przybliżeniem małych drgań”) daje się opisać jako będące efektem działania czynnika wprost proporcjonalnego do szeroko pojętego odchylenia od stanu równowagi, i usiłującego układowo do tego położenia równowagi „zawrócić”.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, co to jest ruch harmoniczny,
- poznasz wykresy zależności wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym,
- zastosujesz interaktywną symulację do zbadania ruchu klocka zawieszony na sprężynie,
- przeanalizujesz, jak wpływa zmiana różnych parametrów (amplitudy drgań, masy ciężarka oraz rodzaju sprężyny) na wykresy wychylenia od czasu i okres drgań,
- zastosujesz wzór na okres drgań ciężarka zawieszony na sprężynie.

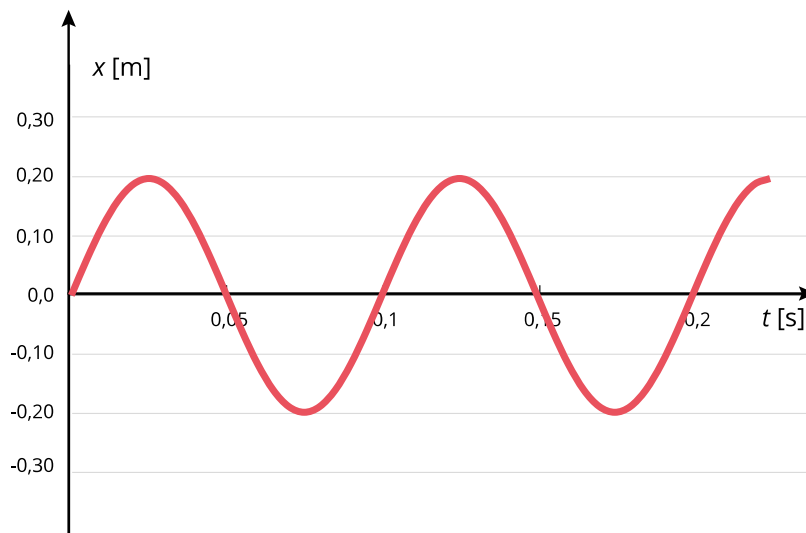
Przeczytaj

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. Jej składowa ma postać

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

gdzie x – wychylenie, m – masa ciała, ω – wielkość proporcjonalna do częstotliwości drgań, zwana częstotliwością kołową drgań. Znak minus wskazuje, że siła zwrócona jest przeciwnie do wychylenia (ku położeniu równowagi). W ruchu harmonicznym zależność wychylenia (x) od czasu (t) ma kształt sinusoidalny (Rys. 1).

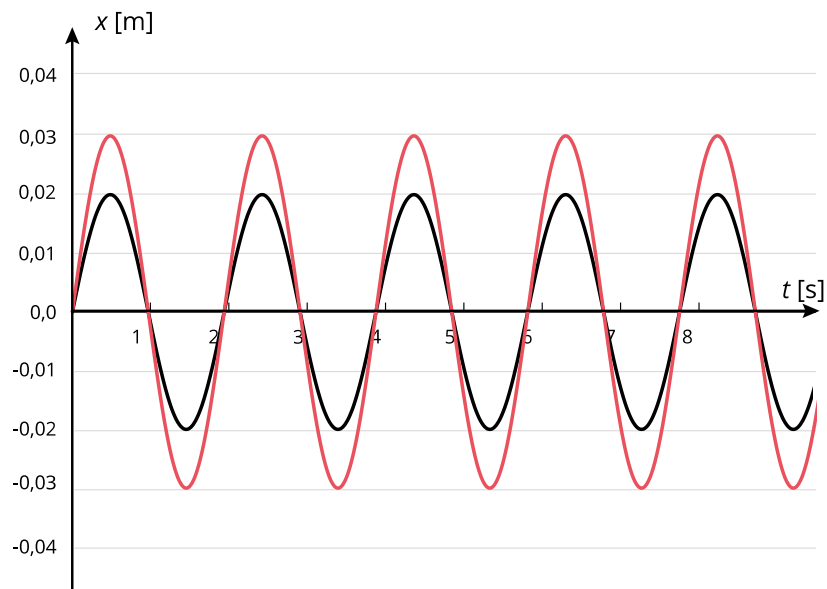


Rys. 1. Wykres zależności wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym. Okres drgań $T = 0,1$ s, amplituda $A = 0,2$ m

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

Przykładem ruchu harmonicznego są drgania klocka przymocowanego do poziomej sprężyny, poruszającego się po gładkiej powierzchni, drgania ciężarka zawieszonoego na sprężynie przy niewielkich oporach ruchu, oraz ruch wahadła matematycznego.

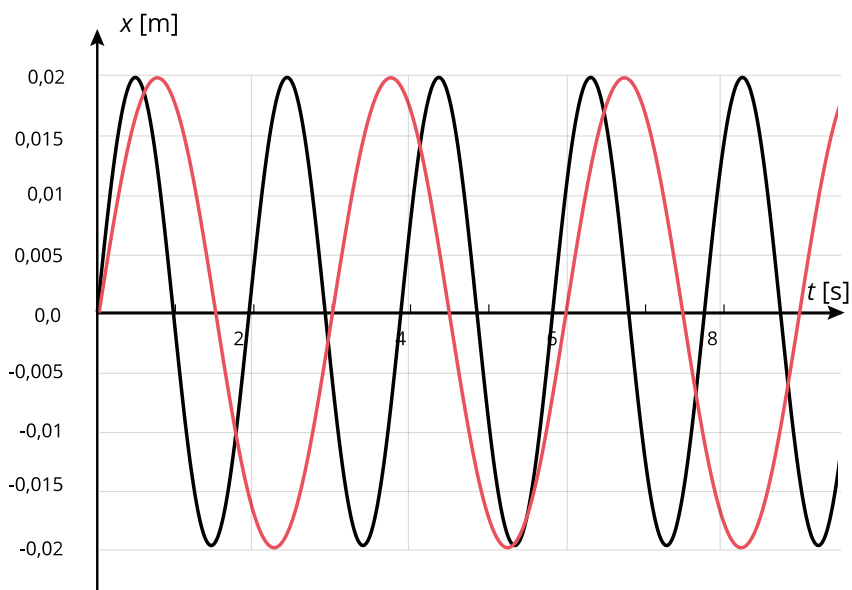
Badanie zachowania ciężarka zawieszonoego na sprężynie za pomocą interaktywnej symulacji prowadzi do wniosku, że zmiana amplitudy nie wpływa na zmianę okresu drgań (Rys. 2.).



Rys. 2. Zależność wychyleń od czasu dla drgań harmonicznycch o różnych amplitudach

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

Zwiększenie masy ciężarka wydłuża **okres** drgań ciężarka zawieszzonego na sprężynie (Rys. 3.).



Rys. 3. Wykresy wychyleń ciężarków od czasu przy różnych masach. Czerwony wykres odpowiada drganiom ciężarka o większej masie

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

Sprężyny o różnym współczynniku sprężystości (mniej lub bardziej sztywne) różnie zachowują się podczas drgań. **Okres** drgań T ciężarka o masie m zawieszzonego na sprężynie o współczynniku sprężystości k można obliczyć korzystając z zależności

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

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

$$f = 1/T.$$

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

Gdy zawieszisz na dwóch sprężynach ciężarki o tej samej masie, to stwierdzisz, że krótszy **okres** drgań (a więc większą częstotliwość) ma ciężarek zawieszony na sprężynie o większym współczynniku sprężystości (bardziej sztywnej).

Przykład. Jak wyznaczyć współczynnik sprężystości sprężyny?

Współczynnik sprężystości sprężyny możesz wyznaczyć doświadczalnie. Jeśli sprężyna, na której zawieszono ciężarek o masie m wydłuża się o Δl i ciężarek jest nieruchomy, to siła ciężkości równoważy siłę sprężystości, proporcjonalną do wydłużenia sprężyny. Zatem $mg = k\Delta l$, stąd współczynnik sprężystości $k = \frac{mg}{\Delta l}$.

Uwaga. Dokładny pomiar wymaga obciążenia sprężyny kilkoma obciążnikami o różnych masach i sporządzenia wykresu zależności siły sprężystości (równej sile rozciągającej mg) od wydłużenia sprężyny. Współczynnik sprężystości k jest równy współczynnikowi kierunkowemu prostej dopasowanej do punktów pomiarowych.

Słowniczek

ruch drgający (ang. oscillation)

powtarzający się ruch, w przypadku jednowymiarowym i bez tłumienia - okresowy i odbywający się po tym samym torze.

amplituda drgań (ang. amplitude)

(A) - wartość maksymalnego wychylenia z położenia równowagi w ruchu drgającym.

okres (ang. period)

(T) - czas jednego pełnego drgania.

częstotliwość drgań (ang. frequency)

określa, ile drgań wykonuje ciało w jednostce czasu (np. w ciągu sekundy). Odwrotność okresu drgań. Jednostką częstotliwości w układzie SI jest herc (Hz).

częstość kołowa drgań (ang. angular frequency)

stała zależna od częstotliwości drgań f ; określa, ile pełnych drgań wykonuje ciało w ciągu 2π jednostek czasu (np. 2π sekund), czyli jest to częstotliwość mnożona przez 2π :

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

ruch harmoniczny (ang. simple harmonic motion)

taki ruch drgający, w którym wypadkowa siła działająca na ciało jest proporcjonalna do wychylenia z położenia równowagi i zwrócona przeciwnie do tego wychylenia. 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.

izochronizm (ang. isochronism)

(od greckiego *isos* – równy i *chronos* – czas) – własność drgań polegająca na niezależności okresu drgań od ich amplitudy. Uwaga: wahadło fizyczne jest izochroniczne jedynie w przybliżeniu, tym lepszym, im mniejsza jest amplituda drgań.

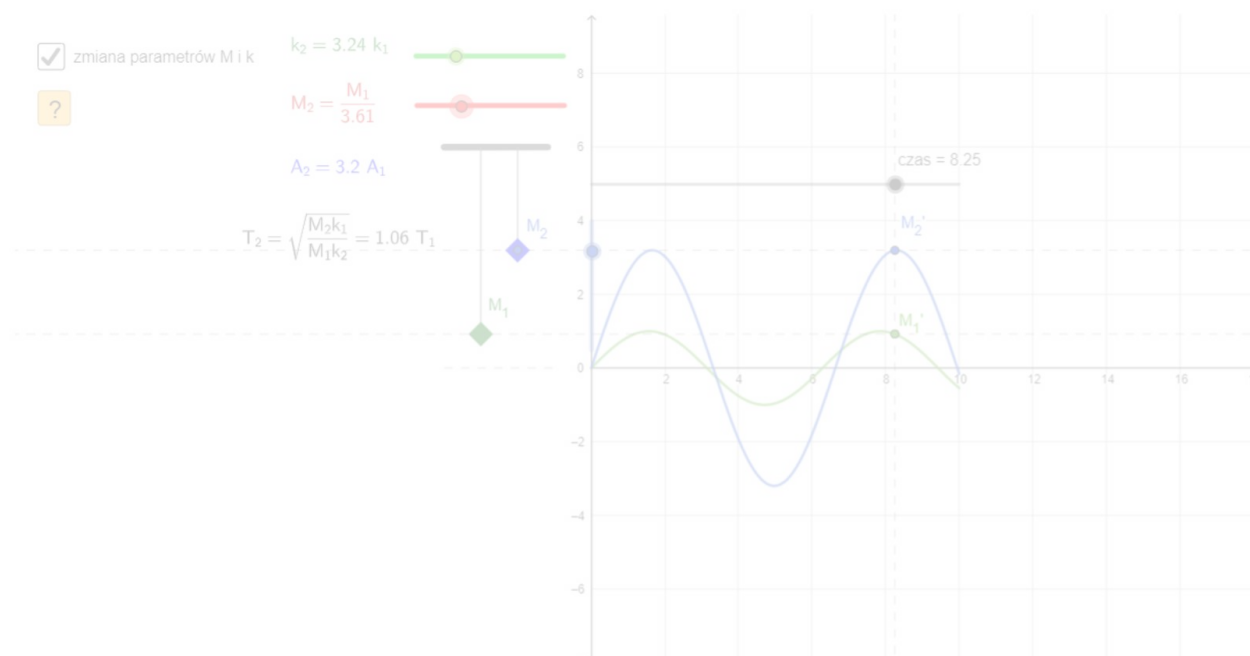
Symulacja interaktywna

Zależność właściwości ruchu drgającego od zmian amplitudy drgań, masy obiektu oraz współczynnika sprężystości nici

Poniżej osadzona została symulacja umożliwiająca porównanie zależności własności ruchu od zmian amplitudy drgań, masy obiektu oraz współczynnika sprężystości nici.

Na symulacji widoczne są dwa klocki zawieszony na sprężystych niciach. Jeden z nich ma ustalone parametry ruchu (masę, sprężystość nici oraz amplitudę drgań). Kolorowe suwaki pozwalają na zmianę parametrów ruchu drugiego klocka, tzn. masę (suwak czerwony), sprężystość nici (suwak zielony) oraz amplitudę drgań (suwak niebieski)

Użytkownik może zmieniać parametry drugiego klocka (masę, amplitudę drgań oraz współczynnik sprężystości nici) oraz obserwować wywoływane tym zmiany ruchu, w tym zależności położenia od czasu.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dbt6p1VM9>

Polecenie 1

Zacznij od sytuacji, w której parametry drgań obu układów są jednakowe, a ich ruchy synchroniczne. Zwiększaj masę drugiego klocka i obserwuj jego ruch. Zapisz skutek tej zmiany dla ruchu drugiego klocka. Czy utrzymana zostaje synchroniczność ruchów klocków?

Polecenie 2

Przeprowadź czynności analogiczne do opisanych w Poleceniu 1., zmieniając kolejno amplitudę drań drugiego klocka oraz współczynnik sprężystości nici, na której jest zawieszony. Zapisz skutek każdej z tych zmian dla ruchu drugiego klocka.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



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

Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



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

Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Sznurek o długości $l = 20$ cm przymocowano do sufitu w pokoju, doczepiono do niego niewielki ciężarek, odchyłono od pionu o kąt 5 stopni i puszczono. Jaka jest częstotliwość drgań tego wahadła? Ile wynosi ich amplituda?

Ćwiczenie 8



Dwie identyczne sprężyny o współczynniku sprężystości $k = 5$ N/m połączone ze sobą „szeregowo” i zawieszono na skraju blatu stołu. Do dolnej doczepiono ciężarek o masie $m = 20$ g. Jakie będzie wydłużenie sprężyn? Jaki byłby wynik, gdybyśmy połączyli je „równolegle”? Z jakim podobnym (ale jakościowo i ilościowo) innym efektem kojarzy Ci się uzyskany wynik?

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Elżbieta Kawecka
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie ruchu harmonicznego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy/rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;</p> <p>IV. Drgania. Uczeń:</p> <p>1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką;</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>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;</p> <p>V. Drgania. Uczeń:</p> <p>2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego; podaje przykłady takich ruchów.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. definiuje ruch harmoniczny. 2. rysuje wykresy zależności wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym. 3. stosuje interaktywną symulację do badania ruchu klocka zawieszonoego na sprężynie. 4. analizuje i interpretuje wykresy wychylenia od czasu klocka zawieszonoego na sprężynie przy zmianie różnych parametrów (amplitudy drgań, masy ciężarka oraz rodzaju sprężyny). 5. analizuje wpływ amplitudy drgań, masy ciężarka oraz rodzaju sprężyny na okres drgań. 6. stosuje wyrażenie opisujące okres drgań ciężarka zawieszonoego na sprężynie.
Strategie nauczania:	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przedmiotów przyrodniczych przez odkrywanie/dociekanie naukowe).
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - rozwiązywanie problemów, - dyskusja.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca w parach, - dyskusja.
Środki dydaktyczne:	<ul style="list-style-type: none"> - interaktywna symulacja, - zestaw zadań.
Materiały pomocnicze:	<ul style="list-style-type: none"> - ciężarek zawieszony na sprężynie, - obciążniki.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Zaciekawienie:</p> <p>Nawiązanie do wiedzy uczniów na temat interaktywnych symulacji, opartych na modelach oraz metod badania ruchu za pomocą symulacji (według wstępu).</p> <p>Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy:</p> <p>Pytania skierowane do uczniów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jakie uproszczenia stosuje się w symulacjach dotyczących badania ruchu? - W jaki sposób bada się wpływ różnych parametrów na przebieg zjawiska fizycznego? 	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel dzieli klasę na grupy 2-osobowe (np. metodą losowania) i omawia zadania. Uczniowie pracują w parach. Uruchamiają symulację, badają i dyskutują wpływ różnych parametrów (amplitudy drgań, masy ciężarka oraz rodzaju sprężyny) na przebieg wykresów wychylenia od czasu, a w szczególności na okres drgań układu. Uczniowie z poszczególnych grup przedstawiają wnioski z przeprowadzonych badań. Nauczyciel kieruje dyskusją dotyczącą wpływu rodzaju sprężyny na okres drgań. Zwraca uwagę, że sprężyna o większym współczynniku sprężystości jest bardziej sztywna. Praca w parach. Uczniowie rozwiązują zadania: 4, 5 i 6 z zestawu ćwiczeń.

Faza podsumowująca:

Uczniowie przeprowadzają dyskusję podsumowującą w oparciu o rozwiązanie zadań: 7 i 8 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań nr 1, 2, 3 i zad 9 (dodatkowe dla chętnych) z zestawu ćwiczeń.

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

Interaktywną symulację „Badanie ruchu harmonicznego na przykładzie drgań klocka na sprężynie” można wykorzystać podczas lekcji tak jak opisano w scenariuszu. Może być też samodzielnie wykorzystana przez uczniów przed lekcją oraz po lekcji do przypomnienia, powtórzenia. Symulacja ta może być także stosowana jako instruktaż do przeprowadzenia doświadczenia dotyczącego badania ruchu drgającego ciężarka zawieszonego na sprężynie.