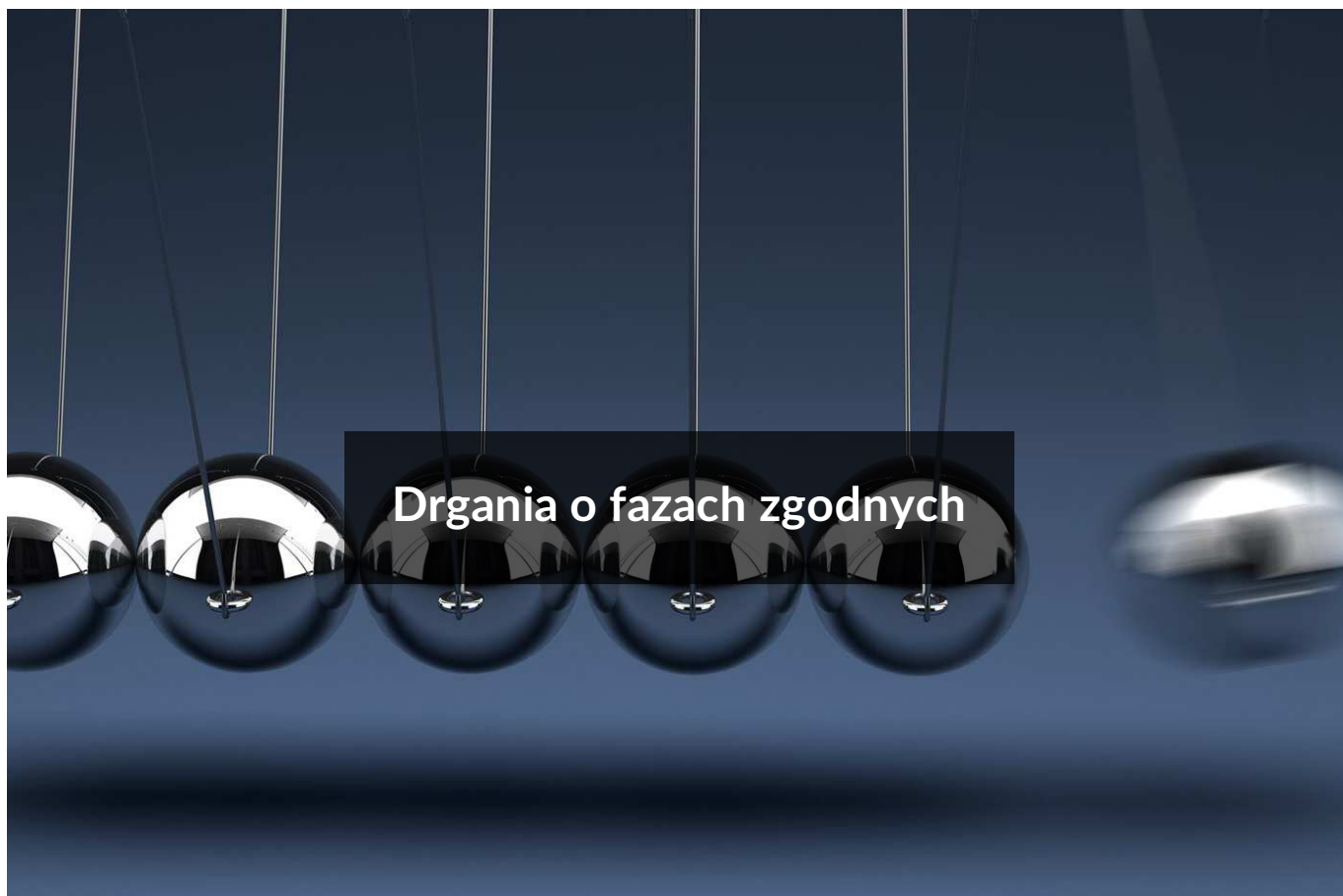


Drgania o fazach zgodnych

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



Źródło: dostępny w internecie: <https://www.shutterstock.com/pl/image-illustration/newtons-cradle-252650221> [dostęp 26.05.2022], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe?

Ciało poruszające się ruchem drgającym przemieszcza się „tam i z powrotem”, cyklicznie przechodząc przez te same położenia. Przy analizie ruchu dwóch lub większej liczby oscylatorów harmonicznym porównuje się ich fazy drgań, a w szczególności określa się, czy są one zgodne czy przeciwne w fazie. Co to oznacza?

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się jak opisać ruch harmoniczny,
- poznasz wykresy wychylenia od czasu dla różnych wartości przesunięcia fazowego,
- zrozumiesz co oznacza, że drgania są zgodne w fazie,
- zastosujesz zależność wychylenia od czasu do opisu drgań harmonicznym o fazach zgodnym i przeciwnym.

Przeczytaj

Warto przeczytać

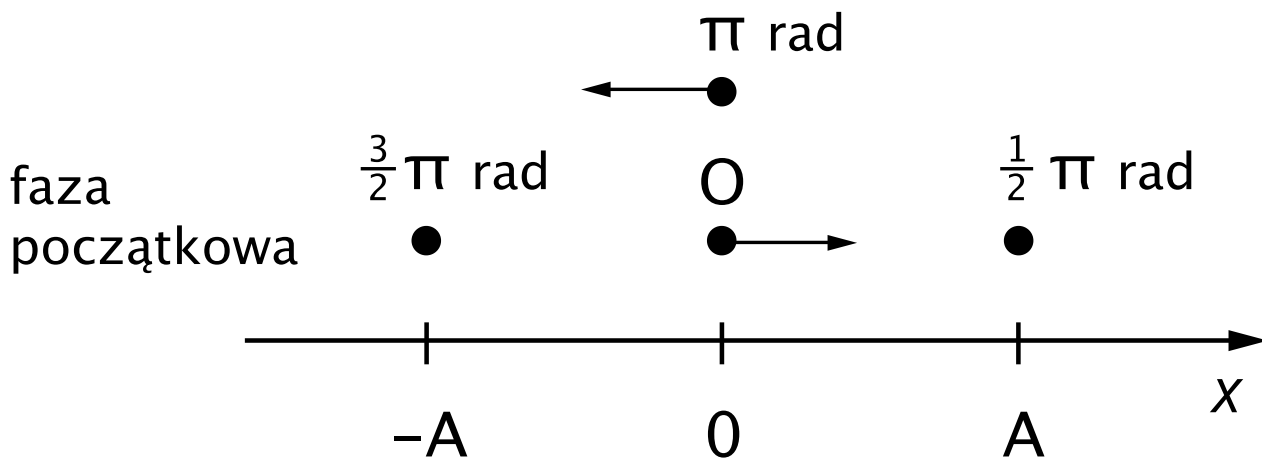
Zależność wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym opisuje funkcja

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

gdzie A – amplituda drgań, ω – częstość kołowa, $(\omega t + \varphi)$ – faza drgań, a φ – faza początkowa, czyli faza drgań dla $t = 0$.

Faza drgań to argument funkcji sinus, czyli kąt wyrażony w radianach. Gdy wartość fazy drgań zmienia się z upływem czasu, zmienia się też wartość funkcji sinus, a więc i wychylenie.

Faza początkowa określa wychylenie ciała w chwili $t = 0$ (Rys. 1.). Jeśli faza początkowa jest równa zeru lub π rad, to w chwili początkowej ciało znajduje się w położeniu równowagi ($x = 0$). Gdy faza początkowa jest równa $\pi/2$ rad, to w chwili $t = 0$ wychylenie jest równe – z dokładnością do znaku – amplitudzie ($x = +A$).



Rys. 1. Wychylenie punktu poruszającego się ruchem harmonicznym w chwili $t = 0$ przy fazach początkowych: $0, \pi/2$ rad, π rad, $3/2\pi$ rad

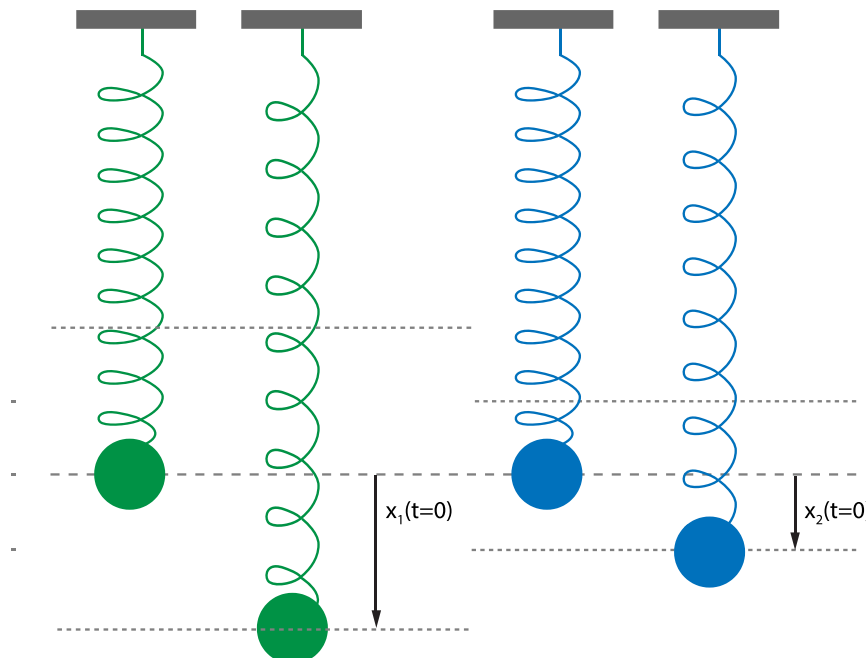
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Gdy dwa oscylatory harmoniczne mają w dowolnej chwili czasu równe fazy drgań, to ich **drgania są zgodne w fazie**. Jeśli ich fazy różnią się o π , to są to **drgania o fazach przeciwnych**.

Co to znaczy, pokaże Ci przykład 1.

Przykład 1.

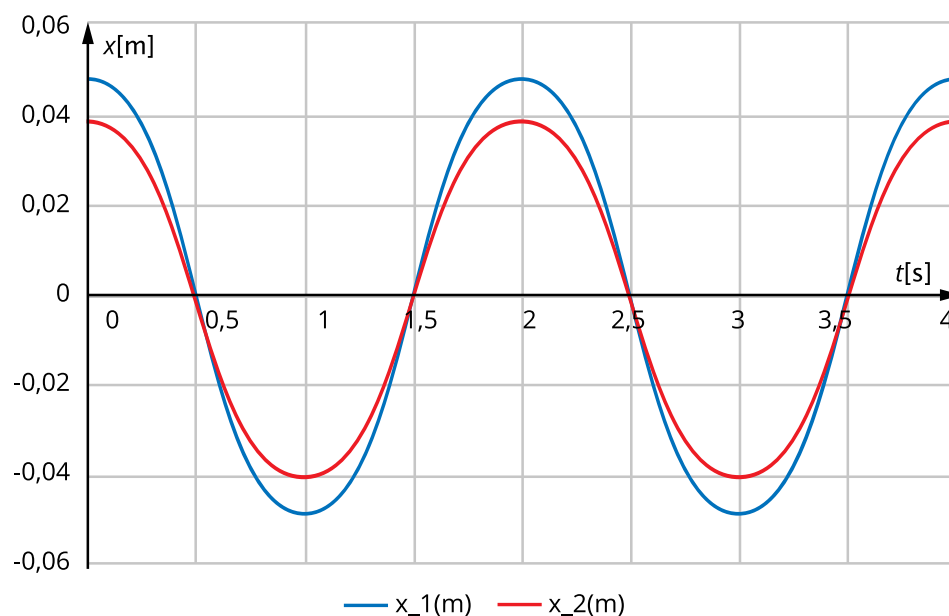
Przyjrzyjmy się drganiom dwóch ciężarków o jednakowych masach, zawieszonych na takich samych sprężynach. Po niewielkim rozciągnięciu sprężyn i jednoczesnym puszczeniu ciężarków (Rys. 2.), poruszają się one ruchem harmonicznym z tą samą częstotliwością drgań (Rys. 3.).



Rys. 2. Dwa ciężarki o jednakowych masach, zawieszone na takich samych sprężynach, po odciągnięciu ich od położenia równowagi w chwili $t = 0$ znajdują się w położeniach x_1 i x_2

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

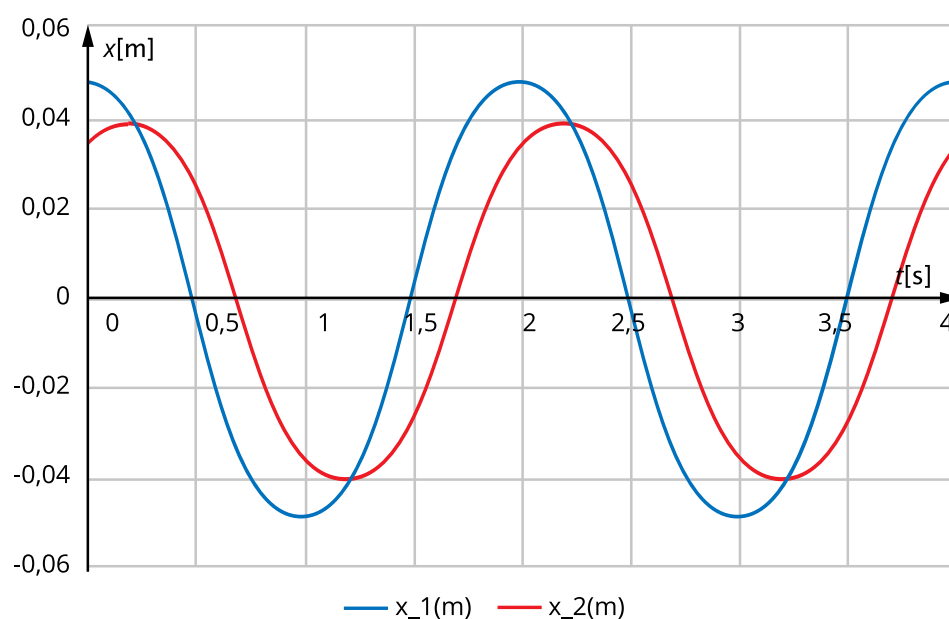
W chwili początkowej ciężarki znajdowały się w dolnych położeniach, co odpowiada wychyleniom równym ich amplitudzie drgań. Faza początkowa każdego z tych drgań była równa $\pi/2$ rad, okresy drgań są takie same, czyli w dowolnej chwili czasu fazy drgań są równe. Są to zatem drgania o zgodnych fazach (Rys. 3.), mimo że amplitudy są różne.



Rys. 3. Wykresy wychylenia od czasu drgań harmoniczných o zgodnych fazach (ta sama faza początkowa i częstotliwość drgań, różne amplitudy)

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

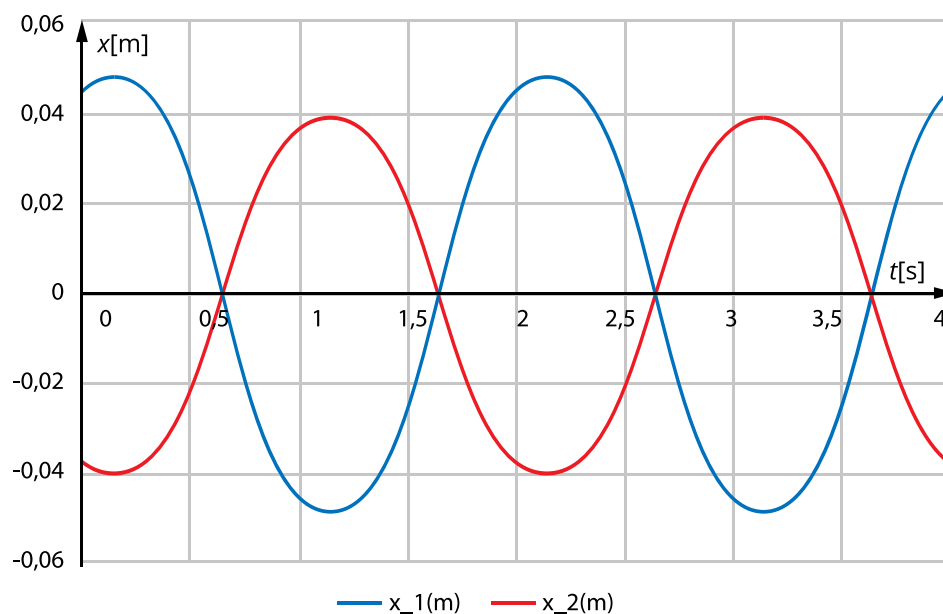
Gdyby fazy początkowe tych drgań były różne, to wykresy wychylenia od czasu byłyby przesunięte względem siebie (Rys. 4.).



Rys. 4. Wykresy wychylenia od czasu drgań harmoniczných przesuniętych w fazie o $\pi/6$. Fazy początkowe drgań: $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$, $\varphi_2 = \frac{\pi}{3}$

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

Jeśli fazy drgań różnią się o π , to są to drgania o fazach przeciwnych (Rys. 5.).



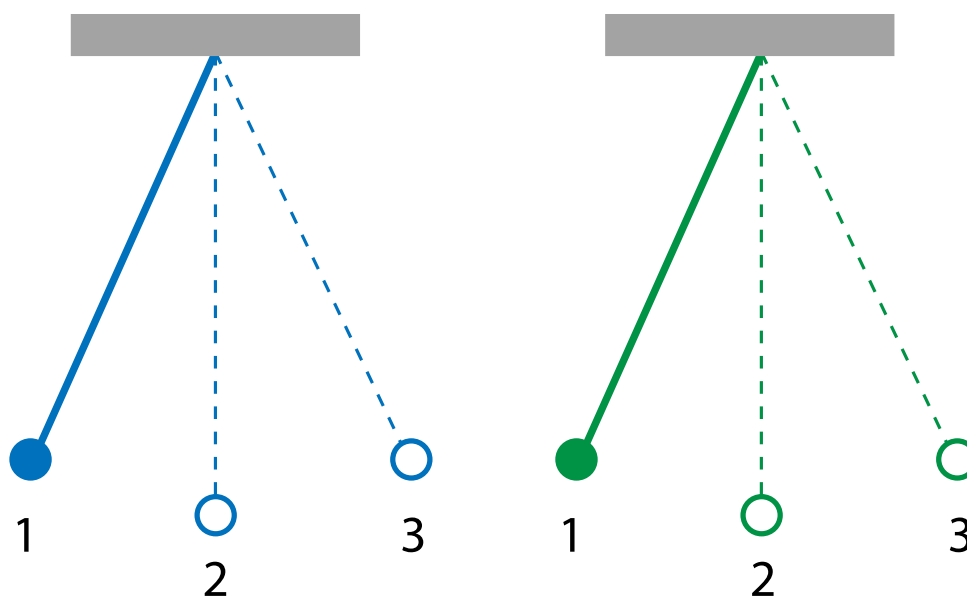
Rys. 5. Wykresy wychylenia od czasu drgań harmoniczných o fazach przeciwnych. Fazy początkowe drgań:

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{3}, \varphi_2 = \frac{4\pi}{3}$$

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

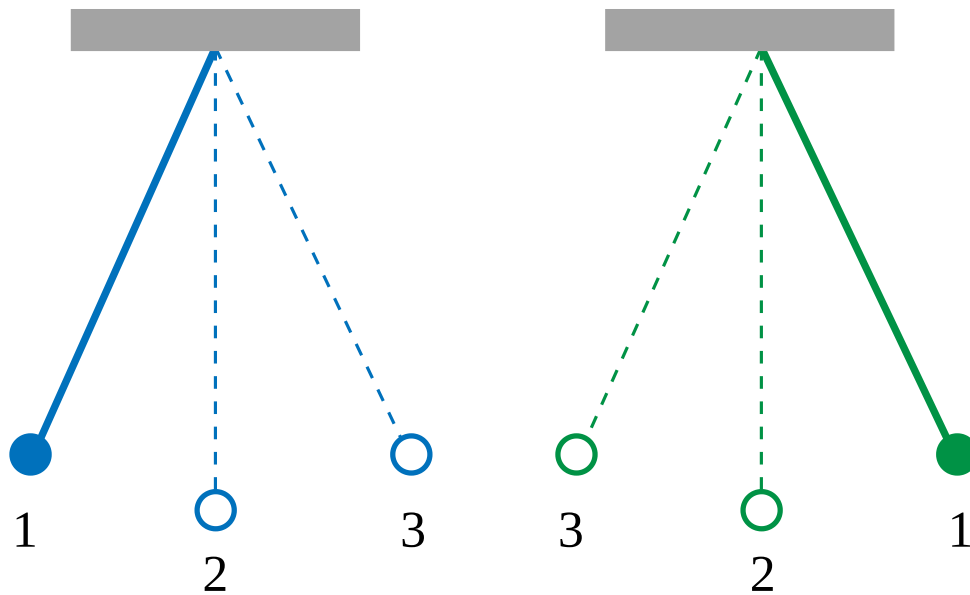
Przykład 2.

Dwa **wahadła matematyczne** o tej samej długości odchyłono o niewielkie kąty i puszczono równocześnie. Gdy wahadła odchyłono w tę samą stronę, to obserwowano drgania o fazach zgodnych (Rys. 6.). Przy odchyleniu wahadeł w przeciwne strony, obserwowano drgania o fazach przeciwnych (Rys. 7.).



Rys. 6. Drgania o fazach zgodnych. Oba wahadła równocześnie są maksymalnie odchyłone od pionu w tę samą stronę (1 lub 3) i równocześnie przechodzą przez położenie równowagi (2)

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



Rys. 7. Drgania o fazach przeciwnych. Oba wahadła równocześnie są maksymalnie odchylone od pionu w przeciwne strony (1 lub 3) i równocześnie przechodzą przez położenie równowagi (2)

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

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.

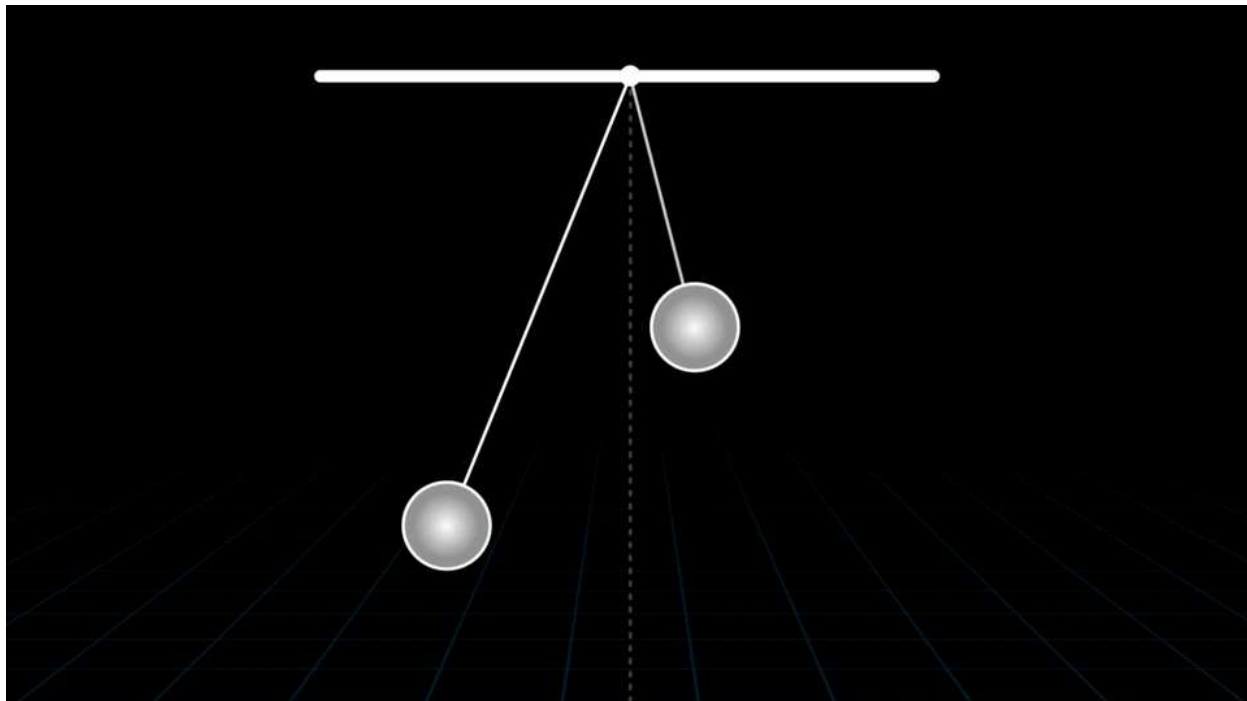
wahadło matematyczne (ang. simple gravity pendulum)

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.

Animacja

Ruch wahadłowy - fazy zgodne

Obejrzyj animację, która pozwoli Ci zrozumieć pojęcie drgań zgodnych w fazie.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1Nngu9ha8XCh>

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją animacji.

Polecenie 1

Wskaż prawdziwe stwierdzenia o ruchu dwóch oscylatorów drgających w zgodnych fazach

- ☐ Chwile przejścia przez położenia równowagi są te same.
- ☐ Znaki odchylenia w chwilach, gdy prędkości są zerowe, są przeciwne.
- ☐ Częstotliwości drgań muszą być równe.
- ☐ Amplitudy drgań mogą być różne.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wiedząc, że funkcja $x(t) = A \sin(2\pi f \cdot t)$ opisuje zależność położenia ciała poruszającego się ruchem harmonicznym od czasu, można stwierdzić, że:

- ☐ Drgania zachodzą wzdłuż osi x , f jest okresem drgań, A – amplitudę.
- ☐ W chwili $t = 0$ s ciało znajdowało się w położeniu $x = A$.
- ☐ W chwili $t = 0$ s ciało znajdowało się w położeniu $x = -A$.
- ☐ Drgania zachodzą wzdłuż osi x , f określa częstotliwość drgań, A – amplitudę.

Ćwiczenie 2



Zależność wychylenia od czasu w ruchu harmonicznym opisuje formuła

$$x(t) = 0,2 \sin\left(2\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Amplituda drgań, częstość kołowa i faza są wyrażone w jednostkach układu SI.
Uzupełnij zdanie wpisując brakujące wartości.

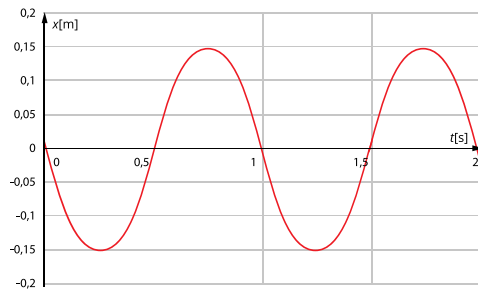
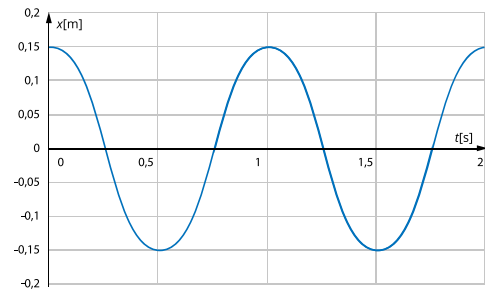
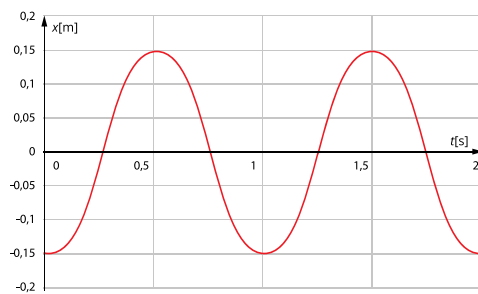
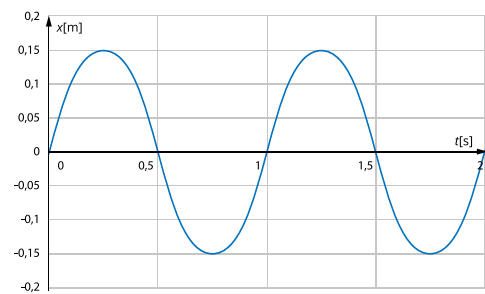
Amplituda drgań jest równa m, częstość kołowa rad/s, a faza początkowa drgań rad

Ćwiczenie 3



Wskaż wykres, który poprawnie przedstawia zależność wychylenia od czasu oscylatora harmonicznego, opisanego przez

$$x(t) = 0,15\text{m} \sin\left(\frac{2\pi}{s}t + \frac{\pi}{2}\right)$$

☐☐☐☐

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

Ćwiczenie 4



Wychylenie ciała poruszającego się ruchem harmonicznym z amplitudą A i fazą początkową równą zero w chwili $t = 1/8T$ (T – okres drgań) wynosi:

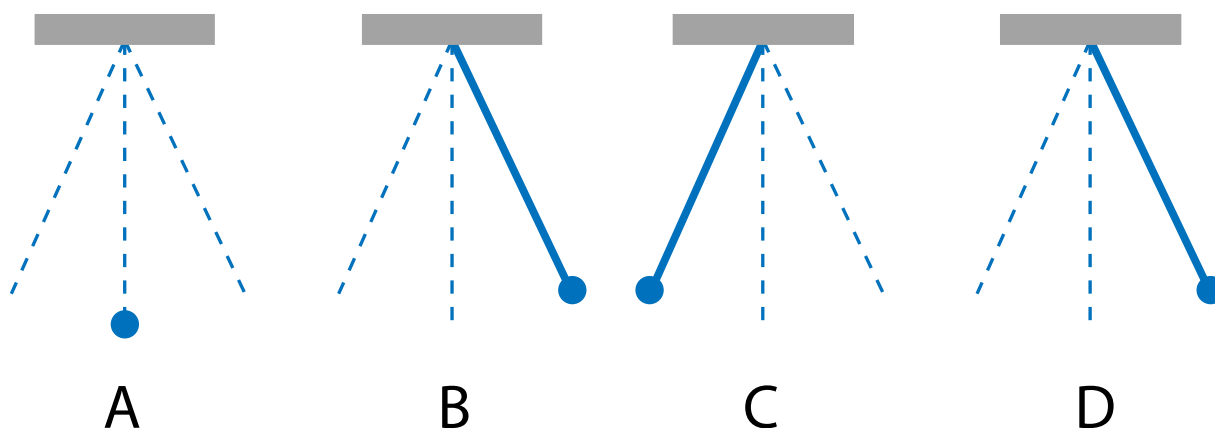
☐ A

☐ 0

☐ $A/2$

☐ $\sqrt{2} A/2$

Ćwiczenie 5



Rysunek przedstawia chwilowe położenia czterech wahadeł matematycznych (A, B, C, D) o tej samej długości w tej samej chwili czasu. Uzupełnij zdanie.

Wahadła B i mają zgodne fazy drgań, a wahadła B i – fazy przeciwne.

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

Ćwiczenie 6



Poniższe równania (a – f) opisują zależność wychyleń od czasu w ruchu harmonicznym. Wskaż oscylatory harmoniczne o zgodnych fazach.

☐ $x(t) = 0,12\text{m} \sin\left(2\frac{\pi}{s}t\right)$

☐ $x(t) = 0,08\text{m} \sin\left(2\frac{\pi}{s}t - \pi/2\right)$

☐ $x(t) = 0,12\text{m} \sin\left(2\frac{\pi}{s}t + \pi/2\right)$

☐ $x(t) = 0,08\text{m} \sin\left(\frac{\pi}{s}t - \pi/2\right)$

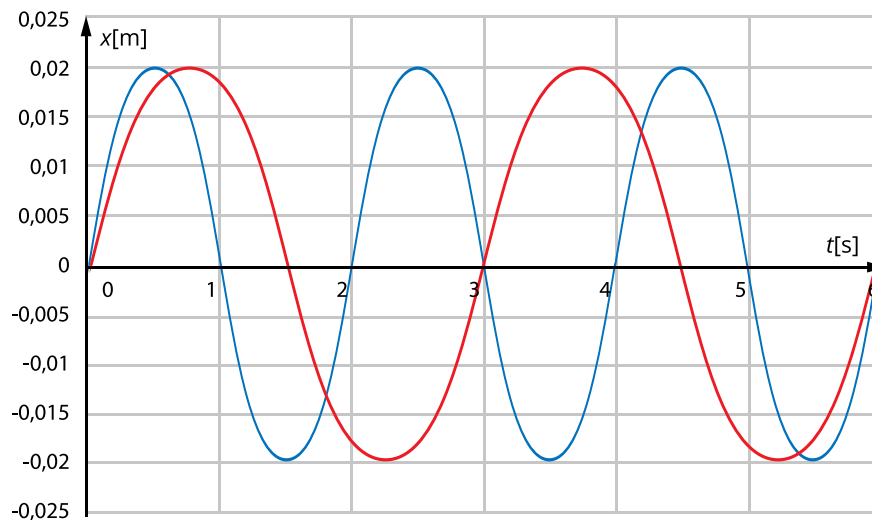
☐ $x(t) = 0,08 \sin\left(2\frac{\pi}{s}t + \pi/2\right)$

☐ $x(t) = 0,08\text{m} \sin\left(\frac{\pi}{s}t + \pi/2\right)$

Ćwiczenie 7



Rysunek przedstawia zależność wychylenia od czasu $x(t)$ dwóch oscylatorów harmoniczych: 1 i 2. Wskaż zdania, które poprawnie je opisują.



☐ Okres drgań 2. oscylatora jest dwa razy dłuższy niż okres drgań 1. oscylatora.

☐ Amplituda drgań obu oscylatorów jest równa 2 cm.

☐ Drgania są przeciwne w fazie.

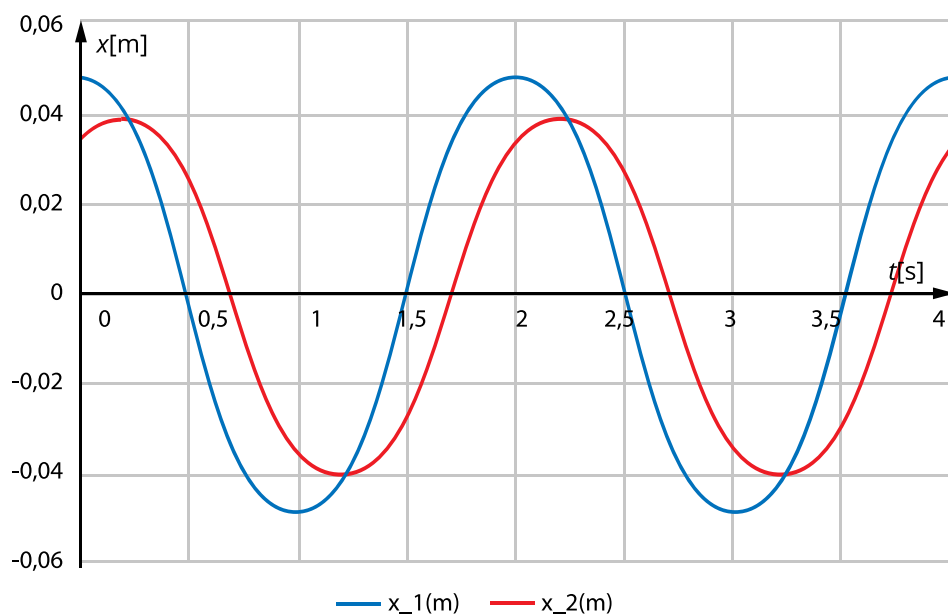
☐ Drgania są zgodne w fazie.

☐ Początkowa faza drgań obu oscylatorów jest równa zero.

Ćwiczenie 8



Rysunek przedstawia wykresy zależności wychylenia od czasu dwóch oscylatorów harmoniczych: x_1 i x_2 . Przeanalizuj te wykresy i wskaż jak należy je zmienić, aby przedstawiały drgania oscylatorów o zgodnych fazach.



- ☐ Zwiększyć częstotliwość drgań drugiego oscylatora (x_2).
- ☐ Zmniejszyć amplitudę drgań pierwszego oscylatora (x_1) do 0,04 m.
- ☐ Zmniejszyć okres drgań drugiego oscylatora (x_2) o $1/6$ s.



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Elżbieta Kawecka
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Drgania o fazach zgodnych
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia - wymagania ogólne Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. 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:	Uczeń: 1. opisuje ruch harmoniczny. 2. omawia wykresy wychylenia od czasu dla różnych wartości przesunięcia fazowego. 3. wyjaśnia, co oznacza, że drgania są zgodne w fazie. 4. stosuje zależność wychylenia od czasu do opisu drgań harmonicznnych o fazach zgodnych i przeciwnych. 5. analizuje wykresy zależności wychylenia od czasu drgań przesuniętych w fazie i zaproponuje zmiany na wykresy drgań zgodnych w fazie.
Strategie nauczania:	formative feedback - kształtująca (ucząca) informacja zwrotna lub ocenianie kształtujące
Metody nauczania:	Pogadanka ilustrowana doświadczeniem wstępnym, multimedialna animacja, analiza pomysłów
Formy zajęć:	- praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	Animacja „Drgania o fazach zgodnych”, zestaw zadań, 2 wahadła matematyczne
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Jak definiujemy wychylenie, amplitudę, częstość kołową i przesunięcie fazowe?”, „Drgania o fazach przeciwnych”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Krótką pogadankę nauczyciela wprowadzającą do tematu i doświadczenie ilustrujące różne i równe fazy drgań na przykładzie dwóch wahadeł matematycznych. Przypomnienie pojęć: oscylator harmoniczny, wychylenie, amplituda, okres, częstotliwość drgań.	
Faza realizacyjna:	
- Nauczyciel omawia zadania uczniów. - Uczniowie pracują indywidualnie z animację „Drgania o fazach zgodnych”. - Praca w parach. Uczniowie analizują wspólnie przykłady opisane w części III e-materiału, wyjaśniające różnicę między drganiami o zgodnych i przeciwnych fazach. Dyskutują nad wpływem parametrów drgań (amplitudy, częstotliwości, fazy początkowej) na przebieg wykresów wychylenia od czasu. - Uczniowie rozwiązują zadania: 1, 3, 6. - Nauczyciel obserwuje pracę uczniów, a w razie potrzeby udziela wskazówek.	

Faza podsumowująca:

Uczniowie przeprowadzają dyskusję podsumowującą w oparciu o rozwiązanie zadań: 4, 5 i 7.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań nr 2 i 8.

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

Animację „Drgania o fazach zgodnych” można wykorzystać podczas lekcji tak jak opisano w scenariuszu. Może być też samodzielnie wykorzystana przez uczniów przed lekcją lub po lekcji do powtórzenia i utrwalenia wiadomości.