Wrocław University of Science and Technology

Fizyka

semestr zimowy

2020/2021

Grupa B: Piątek, 15:00 - 16:30

Grupa A: Piątek, 16:40 - 18:10

sala wirtualna

– zajęcia online

Sylwia Majchrowska

sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl

https://majsylw.netlify.app/teaching/

pokój 213, budynek L-1

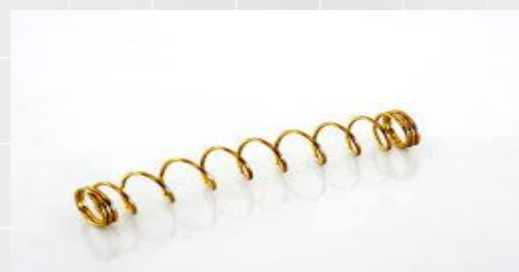
Na podstawie materiałów ze strony epodreczniki.open.agh.edu.pl
oraz Fizyka dla szkół wyższych. Tom 1

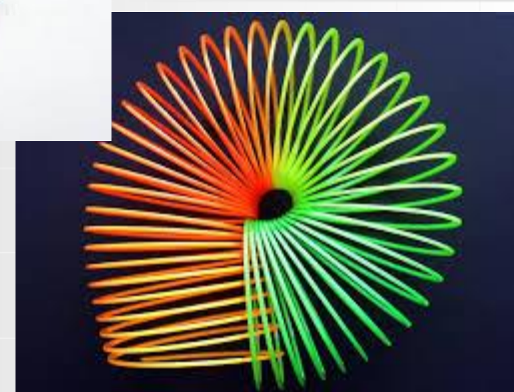
Wrocław University of Science and Technology

Ruch harmoniczny

Układ wahadeł i sprężyn potrafi poruszać się ruchem periodycznym – drgającym. Tak jest np. z ciężarkiem zawieszonym na sprężynie, czy umiejętnie puszczonym jo-jo (przy pewnych wyjątkach). Bardzo fajnym przykładem może być budynek Comcast Center w Filadelfii o wysokości około 305 metrów. Najwyższe pietra odchylają się na skutek drgań sejsmicznych lub podmuchów wiatru, dlatego w budynku zastosowano masowy tłumik drgań w celu zmniejszenia amplitudy jego oscylacji – jest to umieszczony na szczycie zbiornik z 2 kolumnami z wodą, która oscyluje z częstotliwością odpowiadającą częstotliwości drgań własnych. Regulacja zachodzi dzięki specjalnym przegrodom uniemożliwiającym lub umożliwiającym przepływ wody.

Źródło: wikipedia





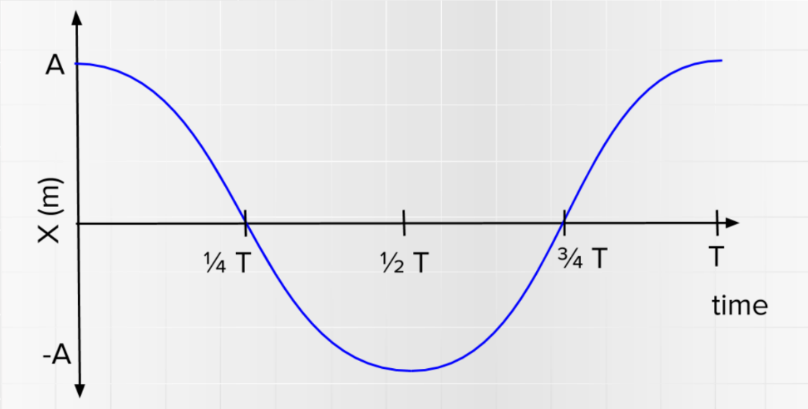
Wrocław University of Science and Technology

Okres i częstotliwość drgań

Ruch drgający, drganie, oscylacja - jest to taki ruch ciała, który zachodzi wokół stałego położenia równowagi.

Ruch taki może być okresowy (periodyczny), czyli taki, w którym stan ciała powtarza się w jednakowych odstępach czasu, nazywanych okresem drgań. Okres drgań oznaczamy literą T i mierzymy w sekundach.

Często mamy też do czynienia z ruchem nieokresowym, czyli takim, który nie jest ruchem periodycznym.



T – okres [s]

$$f = \frac{1}{T}\ [Hz](częstotliwość)$$

$$1Hz = 1\frac{cykl}{sekunda}\ czyli\ 1Hz = \frac{1}{s} = 1s^{-1}$$

W ruchu periodycznym okresem, oznaczanym T, nazywamy czas wykonania jednego pełnego drgania. Za jednostkę okresu przyjmujemy zazwyczaj sekundę. Słowo „okres" oznacza też czas trwania jakiegoś zdarzenia, które może się powtarzać (ale nie musi). Pojęciem ściśle związanym z okresem jest częstotliwość. Częstotliwość (ang. frequency), oznaczaną f, określa się jako liczbę zdarzeń na jednostkę czasu. Dla ruchu periodycznego częstotliwość to liczba drgań (oscylacji) w jednostce czasu.

Wrocław University of Science and Technology

Przykład 9.1

Ustalenie częstotliwości fal stosowanych w ultrasonografii (USG)

Aparat USG emituje fale dźwiękowe o wysokiej częstotliwości, które odbijają się od narządów. Rejestracja i obróbka komputerowa danych pozwala uzyskać obraz, który następnie analizuje lekarz. Rozważmy urządzenie USG generujące ultradźwięki z oscylacjami o okresie 0,400μs. Jaka jest częstotliwość tych drgań?

T – okres [s]

$$f = \frac{1}{T}\ [Hz](częstotliwość)$$

$$1Hz = 1\frac{cykl}{sekunda}\ czyli\ 1Hz = \frac{1}{s} = 1s^{-1}$$

T – okres [s]

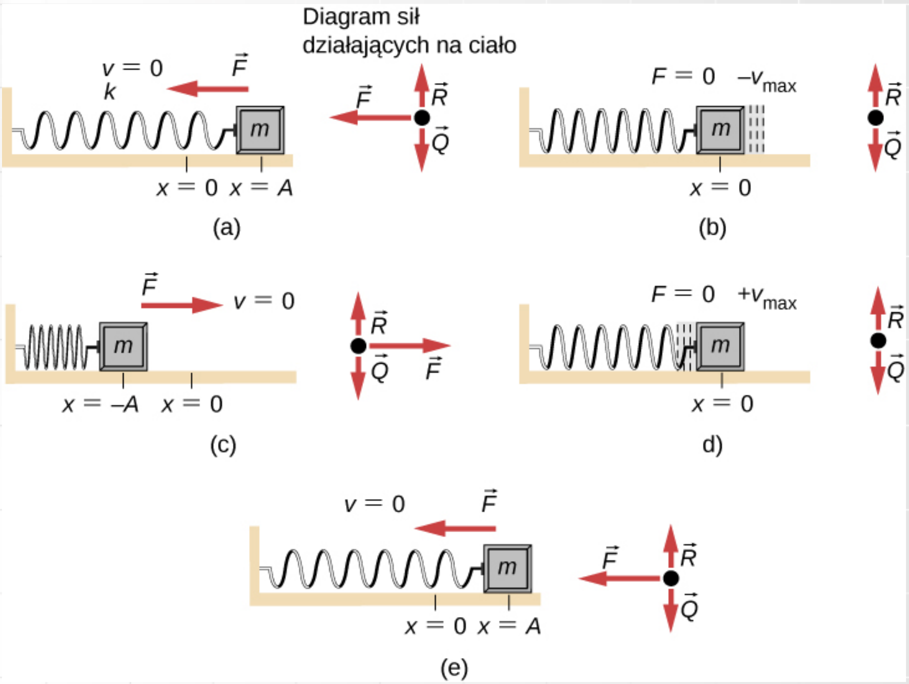
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.4 * 10^{-6}} = 2.5 * 10^{6} Hz$$

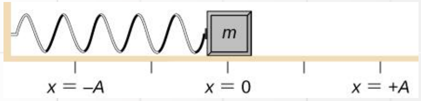
Ta częstotliwość dźwięku jest znacznie wyższa niż najwyższa częstotliwość, jaką człowiek może usłyszeć (zakres słyszalności dźwięków u człowieka wynosi od 20 Hz do ok. 20 000 Hz), dlatego falę tę nazywamy ultradźwiękową. Drgania generowane przez urządzenia USG o tak wysokiej częstotliwości umożliwiają nieinwazyjną diagnostykę medyczną, np. obserwację płodu w łonie matki.

Wrocław University of Science and Technology

Charakterystyka ruchu harmonicznego

Bardzo powszechnym ruchem periodycznym jest ruch harmoniczny (ang. simple harmonic motion). Układem, który swobodnie oscyluje i wykonuje ruch harmoniczny, jest oscylator harmoniczny (ang. harmonic oscillator). W ruchu harmonicznym przyspieszenie układu, a więc i siła wypadkowa, są proporcjonalne do przemieszczenia i skierowane są w kierunku położenia równowagi.





$$x(t) = A\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = A\cos(\omega t)$$

Dobrym przykładem oscylatora harmonicznego jest klocek przymocowany do sprężyny. Drugi koniec sprężyny przytwierdzono do ściany. Klocek porusza się po powierzchni bez tarcia. Położenie masy, gdy sprężyna nie jest rozciągnięta ani ściśnięta, oznaczono jako x=0. Położenie to określa również stan równowagi.

(a) Klocek przesunięto do położenia x=A, po czym swobodnie go puszczono.
(b) Klocek przyspiesza i przemieszcza się w kierunku przeciwnym do zwrotu x i osiąga maksymalną ujemną prędkość w punkcie x=0.
(c) Klocek kontynuuje ruch w ujemnym kierunku x, zmniejszając swoją prędkość aż do zatrzymania się w punkcie x=−A.
(d) Klocek, poruszając się w kierunku zgodnym ze zwrotem osi x, przyspiesza i osiąga maksymalną prędkość w punkcie x=0.
(e) Klocek kontynuuje ruch w kierunku dodatnim i zatrzymuje się w punkcie x=A. Ruch harmoniczny klocka ma amplitudę A i okres drgań T. Maksymalna prędkość klocka występuje, gdy przechodzi on przez punkt równowagi. Zastosowanie sztywniejszej sprężyny skróciłoby okres T drgań. Przy zwiększeniu masy klocka nastąpiłoby wydłużenie okresu T drgań.

Wrocław University of Science and Technology

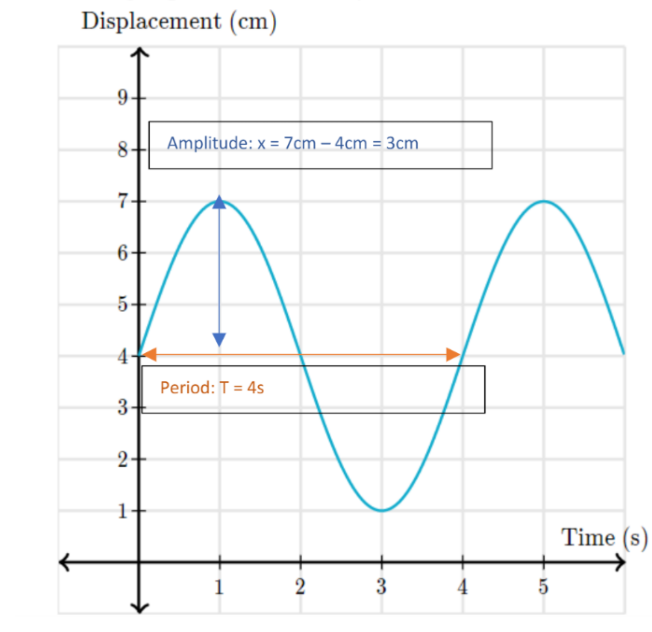
Przykład 9.2

Okres i częstotliwość drgań

Student pociągnął i puścił ciężarek zawieszony na sprężynie. Obok widoczny jest wykres przemieszczenia ciężarka w czasie.

a) Jaki jest okres, częstotliwość i amplituda oscylacji?

b) Jaka jest średnia prędkość i szybkość między 2s, a 5s?



a) Amplituda A = 3cm,
okres T = 4s,
częstotliwość f=1/T=1/4=0.25Hz

b) Pokonany dystans d=9cm, więc:
średnia szybkość $v_ś$= d/t = 9/(5-2) = 3cm/s
średnia prędkość $s_ś$= (7-4)/(5-2) =1cm/s

Wrocław University of Science and Technology

Równania opisujące ruch harmoniczny

Zależność położenia punktu materialnego na osi x w chwili t możemy oznaczyć przez

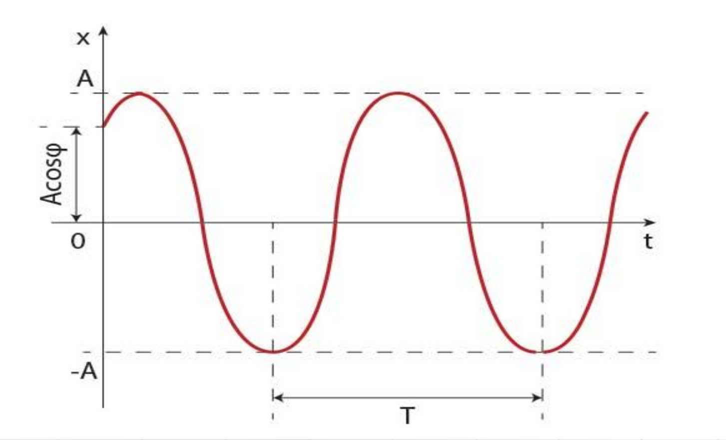
$$x(t) = x(t+T) \rightarrow x(t) \ = \ Acos\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right) = Acos(\omega t + \phi)$$

Powyższy zapis oznacza, że położenie punktu w chwili $t=t_0$ i $t=t_0+T$ jest takie samo (T jest okresem drgań), czyli powtarza się co pewien czas równy T.

Jakiej funkcji można użyć do opisu takiego ruchu? Można użyć praktycznie dowolnej funkcji okresowej, najczęściej jednak korzystamy z funkcji trygonometrycznej cosinus (lub sinus).

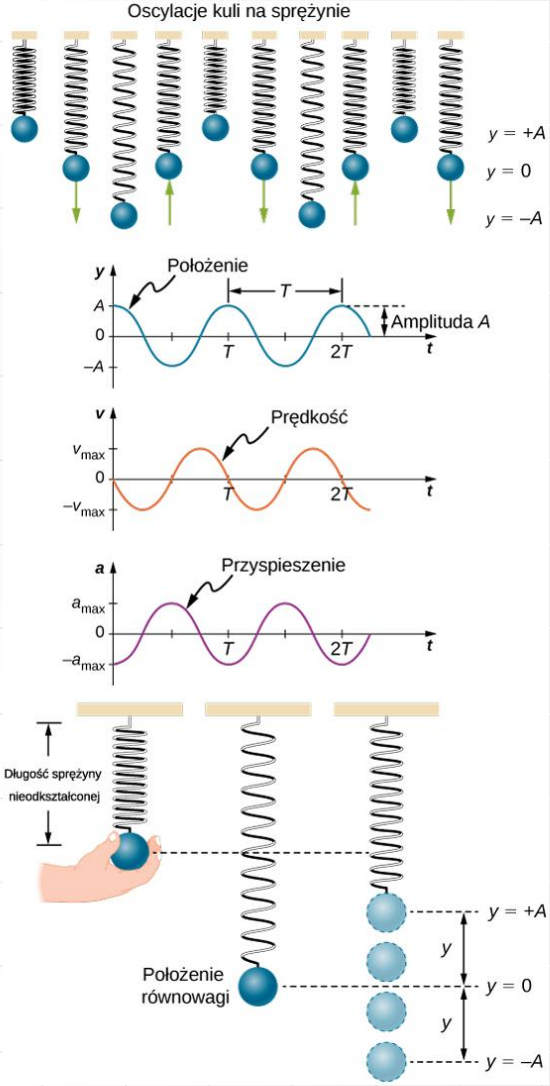
A - **amplituda drgań** (największe wychylenie z położenia równowagi)
ω - **częstotliwość (częstość) kątowa drgań, pulsacja**
ωt+φ - **faza drgań,** w szczególności dla t=0, faza drgań jest równa *φ* - jest to tak zwana **faza początkowa**

$$v(t) = -v_{max}sin(\omega t + \phi)$$
$$a(t) = -a_{max}cos(\omega t + \phi)$$
$$x_{max} = A$$
$$v_{max} = A\omega$$
$$a_{max} = A\omega^2$$



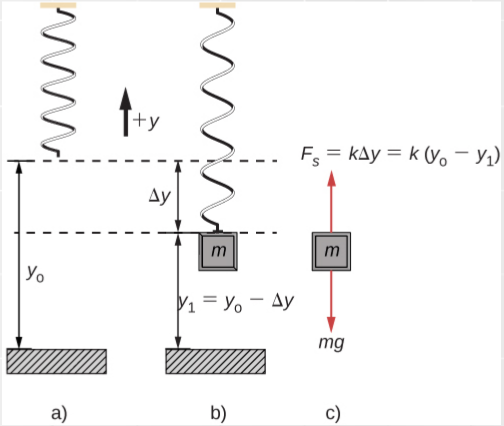
Wrocław University of Science and Technology

Oscylacje kuli na sprężynie



$$x(t) = Acos(\omega t + \phi)$$
$$v(t) = -v_{max}sin(\omega t + \phi)$$
$$a(t) = -a_{max}cos(\omega t + \phi)$$
$$x_{max} = A$$
$$v_{max} = A\omega$$
$$a_{max} = A\omega^2$$

Ruch harmoniczny to taki ruch, w którym działająca na ciało siła jest proporcjonalna do wychylenia i przeciwnie do niego zwrócona.



$F_s = -kx$ (siła sprężystości)

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $(częstość\ kołowa)$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (okres drgań)

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Wrocław University of Science and Technology

Przykład 9.3

Wyznaczanie wyrażeń opisujących ruch klocka na sprężynie

Klocek o masie 2 kg umieszczono na idealnie gładkiej powierzchni, a tarcie nie wpływa na ruch klocka. Sprężynę o współczynniku sprężystości k=32.00N/m przymocowano do klocka, a jej przeciwny koniec przyczepiono do ściany. Sprężyna może ulec skróceniu lub rozciągnięciu. Położenie równowagi układu oznaczono jako x = 0 m.
Praca wykonana nad klockiem powoduje jego przesunięcie do położenia x=+0.02m. Klocek puszczono swobodnie, powodując jego oscylacje w zakresie wartości przemieszczeń pomiędzy x=+0.02m a x=−0.02m. Okres drgań wynosi 1.57 s. Wyznacz wyrażenia opisujące ruch.

Najpierw wyznaczamy wartość częstości kołowej. Przesunięcie fazowe jest zerowe, ϕ=0,00rad, ponieważ ruch klocka zaczyna się w położeniu x=A=+0,02m. Po wyznaczeniu częstości kątowej możemy określić maksymalne wartości prędkości i przyspieszenia klocka.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1.57} = 4\frac{1}{s}$$

$$x_{max} = 0.02m$$

$$v_{max} = A\omega = 0.02m * 4\frac{1}{s} = 0.08\frac{m}{s}$$

$$a_{max} = A\omega^2 = 0.02m * 16\frac{1}{s^2} = 0.32\frac{m}{s^2}$$

$$x(t) = Acos(\omega t + \phi) = 0.02 * cos(4t)$$

$$v(t) = -v_{max}sin(\omega t + \phi) = -0.08 * sin(4t)$$

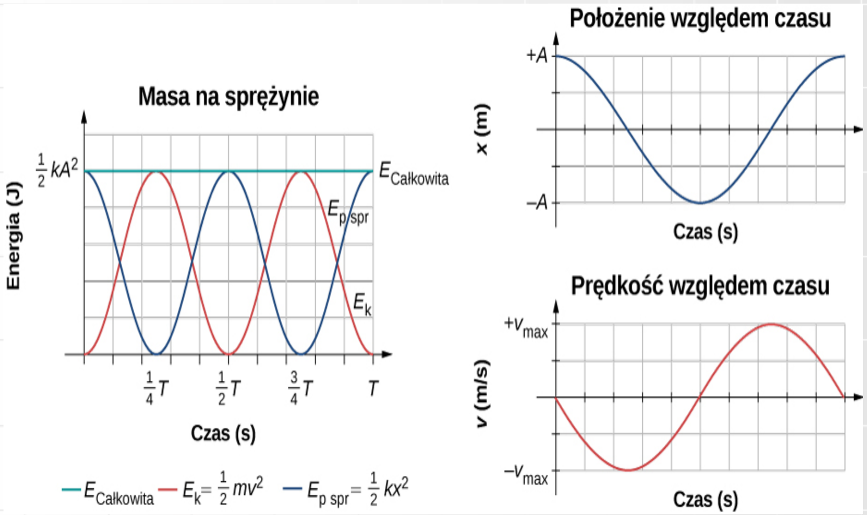
$$a(t) = -a_{max}cos(\omega t + \phi) = -0.32 * cos(4t)$$

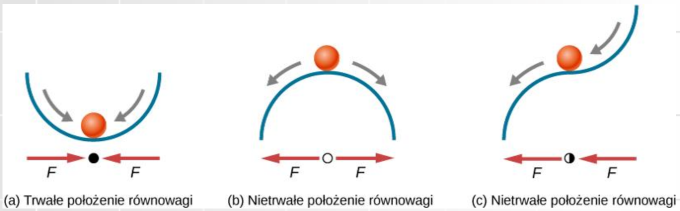
Dla dowolnej chwili ruchu drgającego możemy określić położenie, prędkość i przyspieszenie. Ważne jest, aby przy korzystaniu z kalkulatora ustalić tryb rad (radiany) jako jednostkę miary kąta.

Wrocław University of Science and Technology

Energia w ruchu harmonicznym

Aby odkształcić ciało, musimy wykonać pracę. Innymi słowy niezależnie od tego, czy chcemy szarpnąć strunę gitary, czy skrócić amortyzator w samochodzie, musimy zadziałać siłą z pewnej odległości. Jeśli jedynym rezultatem tego działania jest deformacja ciała i wykonana praca nie przekształca się w energię termiczną, energię fali dźwiękowej lub energię kinetyczną, to wykonana praca magazynuje się w zdeformowanym obiekcie jako pewna forma energii potencjalnej.

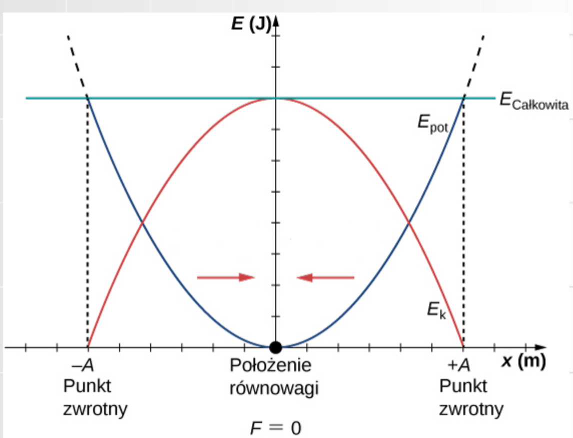




Trzy sytuacje: pierwsza z nich przedstawia położenie równowagi trwałej, któremu odpowiada minimum energii potencjalnej (a); druga to punkt równowagi nietrwałej położony w maksimum energii potencjalnej (b); ostatnia sytuacja również dotyczy położenia równowagi nietrwałej, ponieważ jedynie siła po prawej stronie działa na kulę w kierunku położenia równowagi (c).

$$E_c = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

$$|v| = \sqrt{\frac{k}{m}(A^2 - x^2)}$$



Wrocław University of Science and Technology

Przykład 9.4

Energia mechaniczna linowego oscylatora

Energia mechaniczna układu klocek – sprężyna wynosi 10 J, amplituda drgań A = 0.3 m, a maksymalna prędkość V_{max} = 2 m/s. Oblicz stałą sprężystości, masę klocka oraz częstotliwość drgań.

$$E_c = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2 \rightarrow k = \frac{2E}{A^2} = \frac{2 * 10J}{(0.3m)^2} = 222\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$$

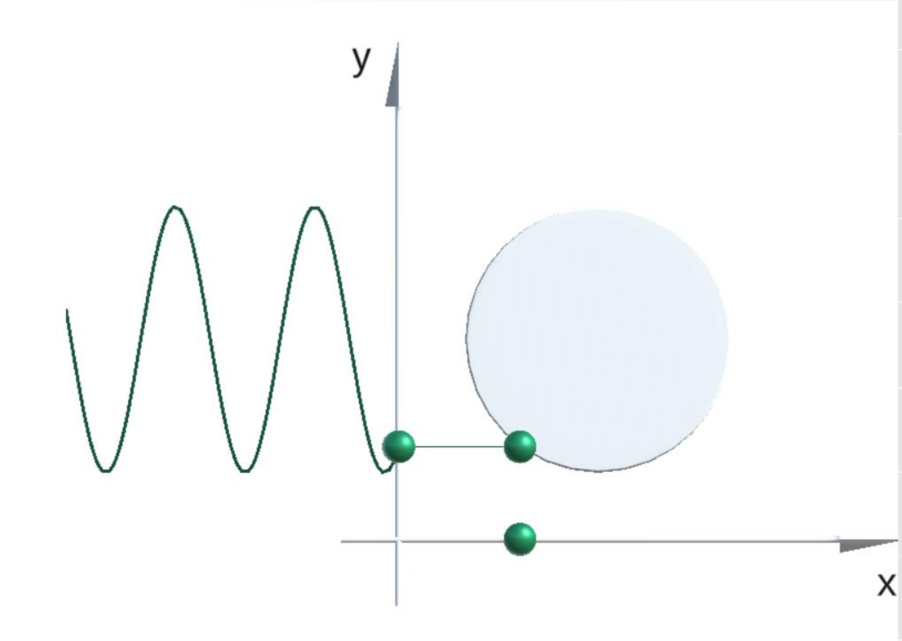
$$\mathrm{v}_{\mathrm{max}} = \omega \mathrm{A} \rightarrow \omega = \frac{\mathrm{v}_{max}}{A}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow m = \frac{k}{\omega^2} = \frac{kA^2}{v_{max}^2} = \frac{222 * 0.3^2}{2^2} = 5kg$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = 1.1Hz$$

Analogia między drganiami harmonicznymi a ruchem po okręgu

Istnieje bardzo duże podobieństwo między wspomnianymi rodzajami ruchu. Ruch po okręgu można potraktować jako złożenie prostopadłych drań harmonicznych

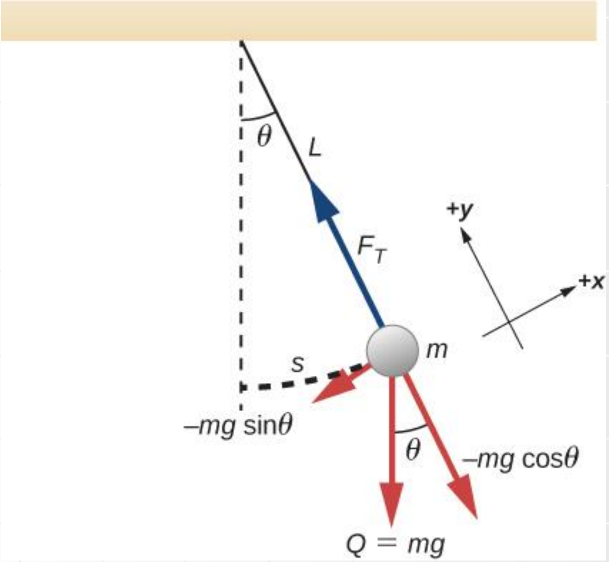


Amplituda – promień okręgu
Częstość kołowa – częstość drgań
Okres – jeden pełen obieg okręgu

Wrocław University of Science and Technology

Wahadło matematyczne

Wahadło matematyczne jest zdefiniowane jako masa punktowa (ciężarek) zawieszona na nierozciągliwej, nieważkiej nici o długości L. Jedynymi siłami działającymi na masę są siła grawitacji i naprężenie nici. Nieważkość nici oznacza, że jej masa jest zaniedbywalnie mała w porównaniu do masy ciężarka.



$$M = -Lmgsin\theta$$
$$I\epsilon = -Lmgsin\theta$$
$$mL^2\epsilon = -Lmgsin\theta$$
$$\epsilon = -\frac{g}{L}sin\theta$$
$$\approx -\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{L}}\theta \ (małe\ wychylenia)$$
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \ (częstość\ kołowa)$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Wrocław University of Science and Technology

Przykład 9.5

Wahadło matematyczne

Jaka jest wartość przyspieszenia grawitacyjnego w danym miejscu pomiarowym, jeśli wahadło o długości 75 cm ma okres drgań 1.7357 s?

Naszym celem jest wyznaczenie g, a wartości znane to okres drgań T i długość wahadła L. Z zależności $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ możemy wyznaczyć g, jeśli założymy, że kąt maksymalnego odchylenia jest mniejszy niż 15°.

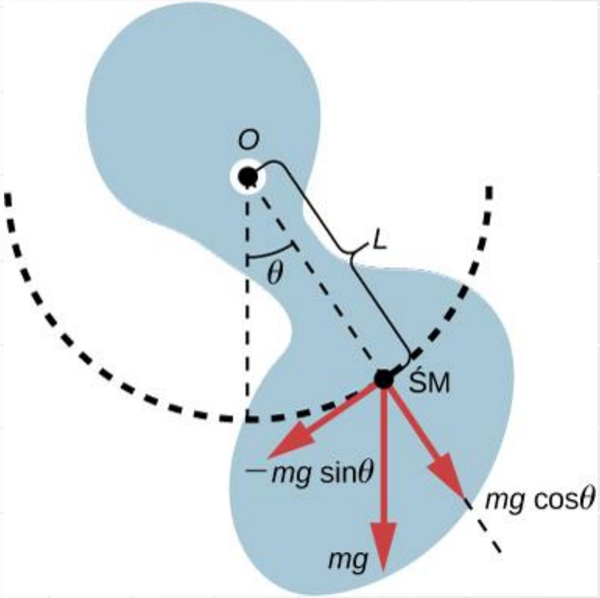
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = 4\pi^2 \frac{0.75m}{(1.7357s)^2} = 9.8281\,\frac{m}{s^2}$$

Przedstawiona metoda wyznaczania przyspieszenia ziemskiego może być bardzo dokładna, jeśli wykonamy pomiary przy maksymalnym kącie o wartości poniżej 0,5°. Dzięki temu błąd spowodowany przybliżeniem sinθ≈θ będzie mniejszy.

Wrocław University of Science and Technology

Wahadło fizyczne

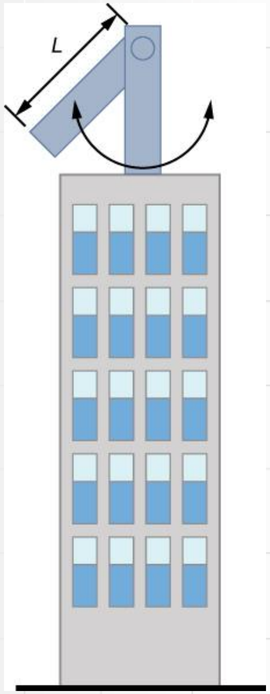
Każde ciało może oscylować jak wahadło. Wahadło fizyczne to dowolne ciało, którego oscylacje są podobne do wahadła matematycznego, ale które nie może być opisane jako masa punktowa na nici, ponieważ jego równanie ruchu musi uwzględnić rozkład masy. W wahadle matematycznym siła grawitacji działa na środek ciężarka, natomiast w wahadle fizycznym – na środek masy (ŚM) ciała. Ciało oscyluje wokół punktu O.



$$M = -Lmg\sin\theta$$
$$I\epsilon = -Lmg\sin\theta$$
$$\epsilon = -\frac{mgL}{I}\sin\theta$$
$$\approx -\frac{mgL}{I}\theta \; (\text{małe wychylenia})$$
$$\omega = \sqrt{\frac{mgL}{I}} \; (\text{częstość kołowa})$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgL}}$$

Przykład 9.6
Wahadło fizyczne

W warunkach silnych podmuchów wiatru lub fali sejsmicznej konstrukcja drapacza chmur może oscylować z amplitudą około dwóch metrów i z częstotliwością około 20 Hz. Istnieją zaawansowane rozwiązania inżynierskie polegające na zastosowaniu wahadła fizycznego zainstalowanego na szczycie wieżowca. Wówczas w sytuacji, kiedy wieżowiec przechyla się na prawo, wahadło to wykonuje wahnięcie w przeciwną stronę, co wygasza efekt kołysania konstrukcji. Jeśli przyjmiemy, że oscylacje mają częstotliwość 0.50 Hz, będziemy mogli zaprojektować wahadło w postaci długiego pręta o masie 100 ton, zbudowane z materiałów o stałej gęstości z punktem obrotu znajdującym się na końcu pręta. Jaka powinna być długość ramienia wahadła?



Naszym zadaniem jest wyznaczenie długości ramienia wahadła fizycznego. Musimy najpierw znaleźć wartość momentu bezwładności ramienia, a następnie zastosować wzór na okres drgań wahadła fizycznego.

$I_p = \frac{1}{12}ML^2$ $(moment\ bezwładności\ pręta\ względem\ osi\ obrotu\ na\ środku)$

$I = I_{ŚM} + \frac{ML^2}{4} = \frac{1}{12}ML^2 + \frac{1}{4}ML^2 = \frac{1}{3}ML^2$ (twierdzenie Steinera dla zmiany osi obrotu)

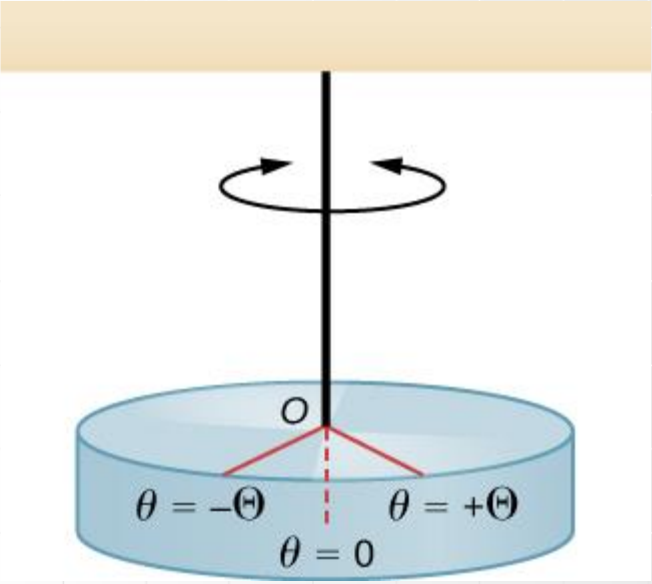
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MgL}} = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{3}ML^2}{MgL}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{3g}}$$

$$L = 3g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 3 * 9.8 * \left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 = 2.98\, m$$

Wrocław University of Science and Technology

Wahadło torsyjne

Wahadło torsyjne składa się z bryły sztywnej zawieszonej na lekkim drucie. Na skutek początkowego skręcenia wahadła o mały kąt (o maksymalnej wartości Θ) możemy obserwować drgania swobodne wahadła polegające na oscylacjach w zakresie kątów pomiędzy (θ=+Θ) a (θ=−Θ). Moment siły wywołuje naprężenie skręcające drutu (nici), które dąży do przywrócenia bryły do położenia równowagi.



Moment siły jest proporcjonalny do wartości kąta θ (κ – moment kierujący)

$$M = -\kappa\theta \qquad [\kappa] = N * m$$

$$I\epsilon = -\kappa\theta$$

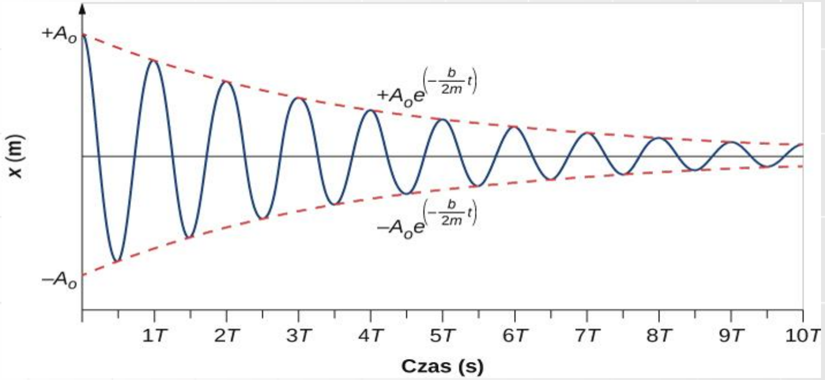
$$\epsilon = -\frac{\kappa}{I}\theta \;(małe\ wychylenia)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{I}} \;(częstość\ kołowa)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\kappa}}$$

Drgania tłumione

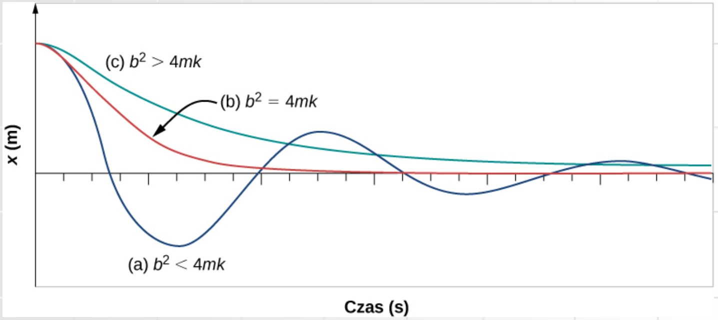
Po szarpnięciu struny gitarowej obserwujemy zanik jej drgań w czasie kilku sekund. Aby huśtawka kontynuowała oscylacje, musimy ją popychać. Choć często możemy stworzyć takie warunki, w których siły oporu i inne siły niezachowawcze można zaniedbać, przypadki swobodnych, nietłumionych drgań są rzadkie. Bywają też sytuacje, kiedy drgania są czymś niepożądanym i celowo staramy się je tłumić jak np. w przypadku amortyzatorów w samochodach.



$$x(t) = A_0 e^{-\frac{b}{2m}t} cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{2m}\right)^2}$$

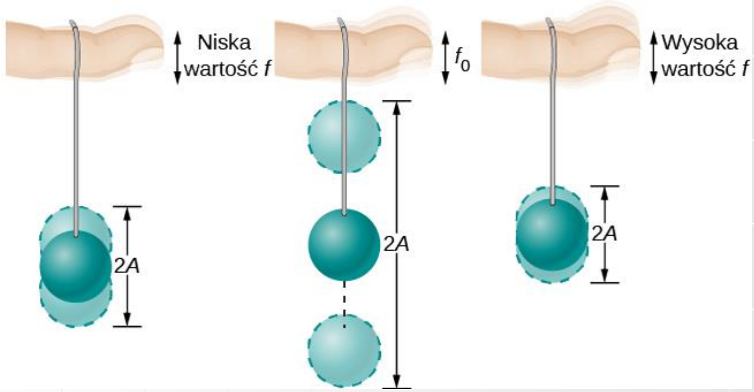
Położenie względem czasu dla układu składającego się z masy i sprężyny w lepkiej cieczy. (a) Jeśli tłumienie jest małe ($b < \sqrt{4mk}$), masa oscyluje i powoli zmniejsza się amplituda drgań ze względu na utratę energii na skutek działania sił niezachowawczych (tłumienie podkrytyczne). Przypadkiem granicznym jest (b) kiedy współczynnik tłumienia wynosi dokładnie ($b = \sqrt{4mk}$) – tłumienie krytyczne (np. w samochodach). (c) Gdy tłumienie jest bardzo duże ($b > \sqrt{4mk}$), masa nie oscyluje po początkowym wychyleniu, ale wolno zmierza do położenia równowagi (tłumienie nadkrytyczne).



Drgania wymuszone

Drgania wymuszone – drgania odbywające się pod wpływem zewnętrznego źródła energii o zmiennym natężeniu.
Siła wymuszająca nie zależna od czasu (stała) nie wpływa na wykonywanie drgań układu liniowego, przesuwa jedynie położenie punktu równowagi układu. Ze względu na działanie wymuszenia wyróżnia się:

- wymuszenie okresowe, którego szczególnym przypadkiem jest wymuszenie harmoniczne,
- wymuszenie uderzeniowe, którego najprostszym przypadkiem jest siła zmieniająca się raz w czasie równym 0.



Drgania wzbudzanego układu można przedstawić jako sumę drgań harmonicznych będących w fazie z pobudzaniem oraz prostopadłych do pobudzania

$$x(t) = A_0 cos(\omega t + \phi) + B sin(\omega t)$$

$$\boldsymbol{-kx - bv + F sin(\omega t) = ma}$$

$$A = \frac{F}{\sqrt{m^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + b^2\omega^2}}$$

$$\rightarrow A_{max} = \frac{F_0}{b\sqrt{\omega_0^2 - \frac{b^2}{4m^2}}} \; dla \; \boldsymbol{\omega_{re}} = \sqrt{\boldsymbol{\omega_0^2 - \frac{b^2}{4m^2}}}$$

Przykładami drgań wymuszonych są drgania błony bębenkowej w uchu pod wpływem dźwięku, drgania w obwodzie elektrycznym LC wywołane przyłożonym zmiennym napięciem.

Obracające się części maszyn, które nie są wyważone wywołują drgania innych części maszyn, co prowadzi do wzbudzania silnych drgań przy pewnej prędkości, przy której dochodzi do rezonansu. Przenoszenie drgań z maszyn na człowieka wywołuje u niego zmiany w organizmie prowadzące do chorób zawodowych.

https://pl.wikipedia.org/wiki/Drgania_wymuszone

Wrocław University of Science and Technology

Słowniczek

amplituda (ang. amplitude)
– maksymalne przemieszczenie ciała z położenia równowagi w czasie ruchu oscylacyjnego
częstotliwość (ang. frequency)
– liczba zdarzeń okresowych przypadająca na jednostkę czasu
częstotliwość własna (ang. natural angular frequency)
– częstotliwość drgań swobodnego oscylatora harmonicznego
drgnienie (ang. oscillation)
– pojedyncza lub powtarzalna zmiana wielkości fizycznej, polegająca na przejściu z jednej skrajnej wartości do drugiej i z powrotem
energia potencjalna sprężystości (ang. elastic potential energy)
– energia potencjalna zmagazynowana w układzie na skutek zniekształcenia elementu sprężystego, np. na skutek rozciągnięcia sprężyny
okres (ang. period)
– czas trwania jednego pełnego drgnienia w ruchu drgającym
oscylator harmoniczny (ang. simple harmonic oscillator)
– układ, który drga w RH, gdzie siła zwrotna jest proporcjonalna do przemieszczenia i działa na ciało w kierunku położenia równowagi

Słowniczek

położenie równowagi (ang. equilibrium position)
– pozycja oscylatora, kiedy sprężyna jest nieodkształcona tzn. ani nie jest rozciągnięta, ani ściśnięta
przesunięcie fazowe (ang. phase shift)
– kąt wyrażony w radianach stosowany w funkcji cosinus lub sinus, aby przesunąć funkcję na lewo lub na prawo, w celu dopasowania funkcji do danych zarejestrowanych dla ruchu oscylatora harmonicznego
rezonans (ang. resonance)
– duża amplituda drgań wytworzonych w układzie na skutek działania siły wymuszającej o małej amplitudzie i częstotliwości równej częstotliwości rezonansowej oscylatora
ruch harmoniczny (ang. simple harmonic motion)
– ruch drgający układu, gdzie siła zwrotna jest proporcjonalna do przemieszczenia i działa na ciało w kierunku położenia równowagi
ruch periodyczny (ang. periodic motion)
– ruch cyklicznie powtarzający się w równych odstępach czasu
siła zwrotna (ang. restoring force)
– siła działająca w kierunku położenia równowagi oscylatora
stan trwałej równowagi (ang. stable equilibrium point)
położenie w którym wypadkowa siła działająca na ciało wynosi zero, a w przypadku małego przemieszczenia ciała pojawia się siła zwrotna, która działa w kierunku położenia równowagi

Wrocław University of Science and Technology

Słowniczek

tłumienie krytyczne (ang. critically dampened)
– tłumienie powodujące możliwie najszybszy powrót oscylatora do stanu równowagi, przy czym w ruchu tym nie występują oscylacje wokół położenia równowagi

tłumienie nadkrytyczne (ang. overdampened)
– tłumienie skutkujące powolnym powrotem oscylatora do stanu równowagi, przy czym oscylacje wokół stanu równowagi nie występują

tłumienie podkrytyczne (ang. underdampened)
– tłumienie powodujące zanik kolejnych amplitud drgań aż do zera

wahadło fizyczne (ang. physical pendulum)
– dowolne ciało sztywne o złożonej budowie, które można wprawić w drgania kątowe jak wahadło matematyczne

wahadło matematyczne (ang. simple pendulum)
– masa skupiona w punkcie, zawieszona na nieważkiej nici

wahadło torsyjne (ang. torsional pendulum)
ciało zawieszone na drucie, które na skutek skręcenia drutu wykonuje drgania kątowe

współczynnik sprężystości (ang. force constant)
– parametr charakteryzujący sprężynę, zdefiniowany jako stosunek siły przyłożonej do sprężyny do uzyskanego przemieszczenia

Praca domowa - wytyczne

1. Format: plik pdf lub skan/zdjęcie (upewnij się, że Twoje pismo jest czytelne!)
2. Czytaj uważnie polecenia i wykonuj zawarte w nich zadania.
3. Pamiętaj aby **podpisać** swoją pracę.
4. Do rozwiązania dołącz:
    1. Rysunek – szkic sytuacji przedstawionej w zadaniu lub wykres wraz z danymi z zadania.
    2. Obliczenia – razem z przekształceniami wzorów, jeśli jest to konieczne.
    3. Wnioski sformułowane na podstawie dokonanej analizy.
5. Pamiętaj aby przesłać rozwiązania w terminie na adres email prowadzącej.

Wrocław University of Science and Technology

Wrocław University of Science and Technology

Terminy

		PAŹDZIERNIK				LISTOPAD					GRUDZIEŃ				STYCZEŃ				LUTY			
PN	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1 Pn N	8	15	22
WT	29	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22 Śr P	29	5	12	19	26	2	9	16	23
ŚR	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24
CZ	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25
PT	2 Pt N	9 Pt P	H1 16	H2 23	H3 30	H4 6	H5 13 Śr P	TEST 20	27	H6 4	H7 11	H8 18	25	1	H9 8	H10 15	Egzamin 22	29	5	12	19	26
SO	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27
N	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28
P - PARZYSTY N - NIEPARZYSTY	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N

H6: 11.12.20 godz. 12:00

Email: sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl