

Podstawy Fizyki

dla Informatyki

Stanisław Drożdż
Katedra Informatyki PK

Ruch harmoniczny

Siła w ruchu harmonicznym

Wahadła

Związek z ruchem po okręgu

Przykłady

Ruch falowy

Własności fal

Równanie fali

Zasada superpozycji

Dyfrakcja i interferencja

Fale stojące

Siła w ruchu harmonicznym

- Przeszyczenie:

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$$

- Prędkość:

$$v(t) = dx/dt = -\omega x_m \sin(\omega t + \phi)$$

- Przyspieszenie:

$$a(t) = dv/dt = -\omega^2 x_m \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x(t)$$

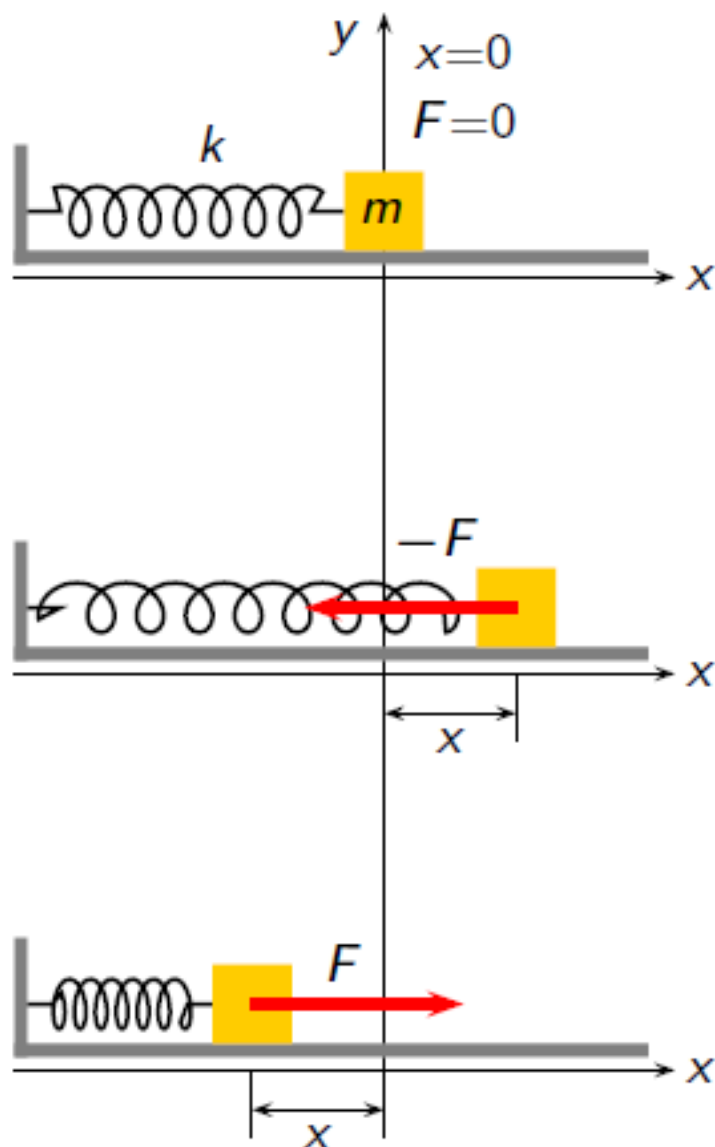
- Siła:

$$F = ma = -(m\omega^2)x, \quad k = m\omega^2 \text{ — stała dodatnia.}$$

Ruch harmoniczny:

Ruch ciała pod wpływem siły **wprost proporcjonalnej** do jego przeszczenia, ale o **przeciwnym** zwrocie.

Drgania masy na sprężynie




- W tym przypadku stała k jest stałą sprężystości z prawa Hooke'a:
$$F = -kx = -(m\omega^2)x$$

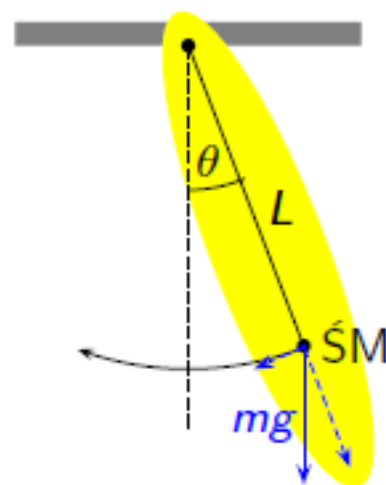
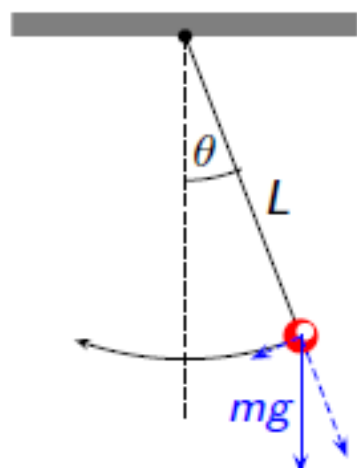
Częstość i okres drgań:



$$\omega = \sqrt{k/m},$$

$$T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{m/k}$$

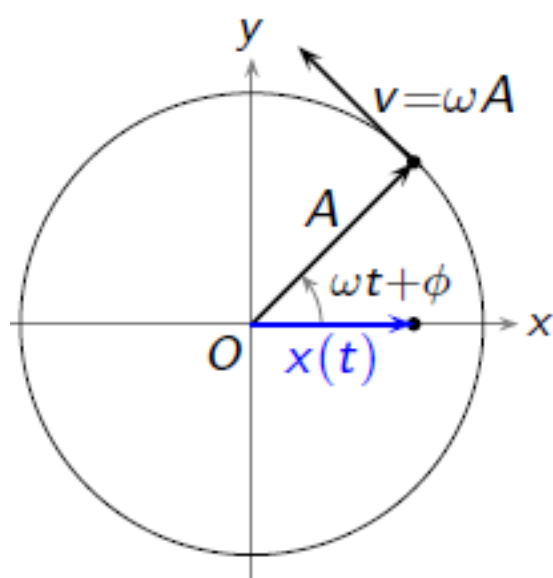
- Przykład: pomiar masy w stanie nieważkości 




Wahadła



- **Wahadło matematyczne** — punkt materialny na lince
 - Moment siły przeciwdziałającej **małym** wychyleniom:
 $M = -Lmg \sin \theta \approx -Lmg\theta$
 - Okres małych drgań:
 $T = 2\pi\sqrt{L/g}$
 - Zależność T od L 
- **Wahadło fizyczne** — ciało sztywne na osi
 - Okres małych drgań:
 $T = 2\pi\sqrt{I/mgL}$
 - Wahadła można użyć do **wyznaczenia g**
 - Porównanie wahadła fizycznego i matematycznego 

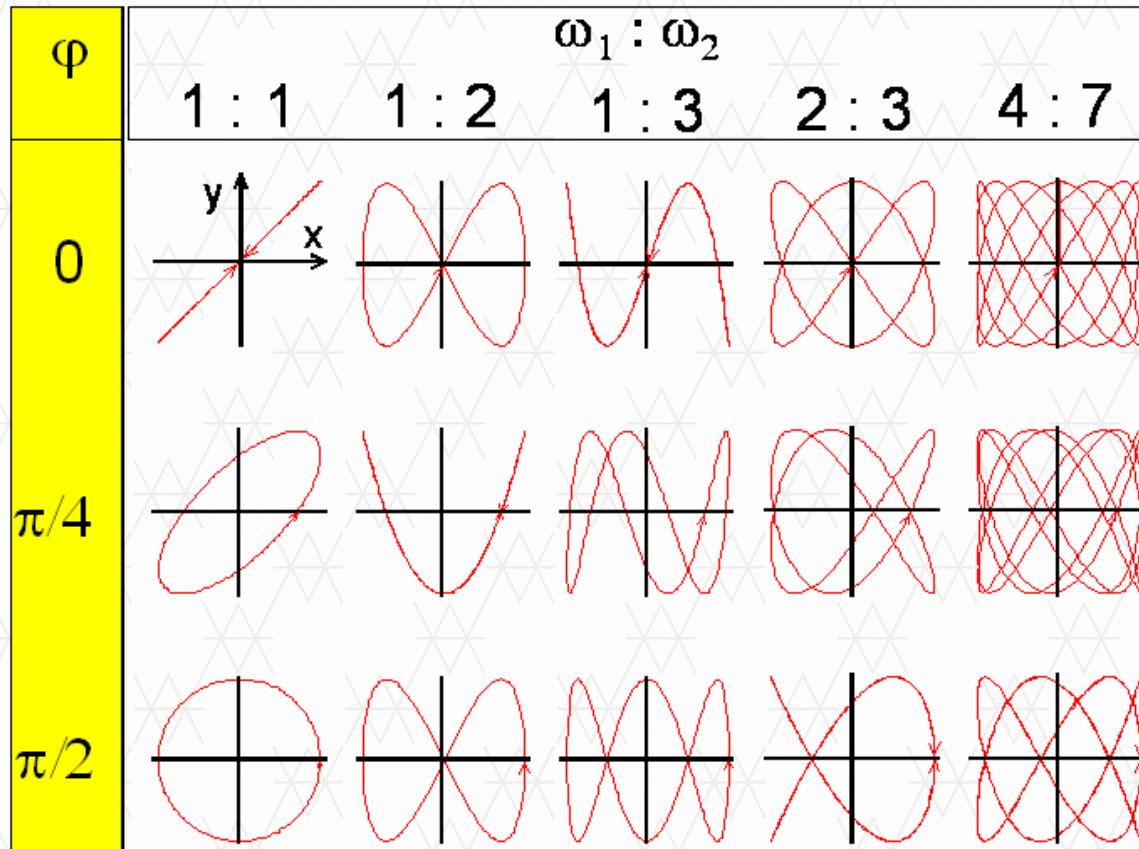
Ruch harmoniczny a ruch po okręgu



- **Ruch rzutu** punktu poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu na średnicę okręgu jest **ruchem harmonicznym**.
 - Oś x :
 $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ 
 - Oś y :
 $y(t) = A \sin(\omega t + \phi)$ 
 - **Figury Lissajous**: złożenie ruchów harmoniczných o różnych fazach ϕ i częstościach ω 

Figury Lissajous

$$x = A \sin(\omega_1 t + \varphi) \quad y = A \sin(\omega_2 t)$$



Rodzaje fal




Dwa sposoby przekazywania energii w przyrodzie:

- ❶ **Ruch cząstek** — energia skupiona w punktach.
- ❷ **Ruch fal** — energia rozłożona w przestrzeni.

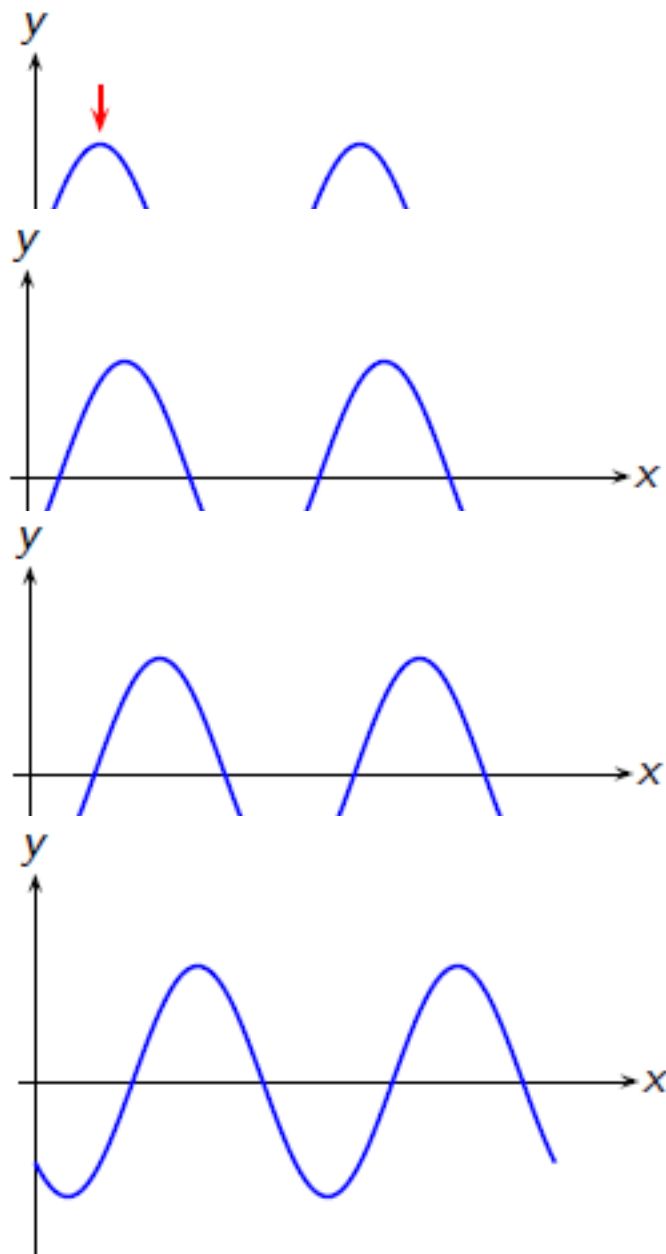
Rodzaje fal:

- ❶ **Fale mechaniczne** — powstają w ośrodkach materialnych, opisane prawami dynamiki Newtona, np.: fale na wodzie, dźwięk.
- ❷ **Fale elektromagnetyczne** — nie potrzebują ośrodka materialnego, opisane prawami Maxwella, prędkość w próżni $c \approx 300$ tys. km/s, np.: światło widzialne, fale radiowe, promienie X.
- ❸ **Fale materii** — niezbędne do opisanie świata cząstek elementarnych i atomów, poprawny opis daje tzw. mechanika kwantowa.

Fale poprzeczne i podłużne

- Ruch falowy można przedstawić jako **złożenie drgań harmoniczných** różnych punktów 
- **Fale poprzeczne** — drgania są poprzeczne w stosunku do kierunku ruchu fali.
Przykłady: fale elektromagnetyczne, fale na wodzie, fale w strunach 
- **Fale podłużne** — drgania w kierunku ruchu fali.
Przykłady: fale dźwiękowe 

Równanie fali poprzecznej



- Fala biegnąca w prawo:

$$y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t)$$

$y(x, t)$ — wychylenie dla x ,

y_m — amplituda fali,

$kx - \omega t$ — faza

- W czasie $t = T$ (okres) fala przebywa jedną długość fali λ . Stąd wynikają zależności:

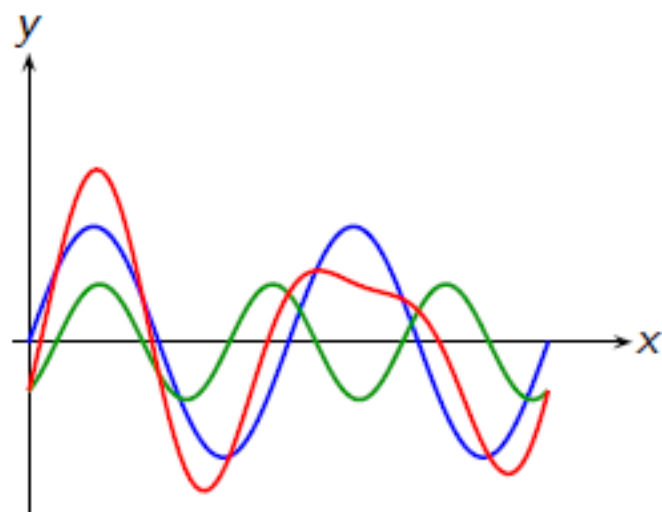
Liczba falowa k :

$$k = 2\pi / \lambda$$

Częstość kołowa ω :

$$\omega = 2\pi / T$$

Superpozycja fal



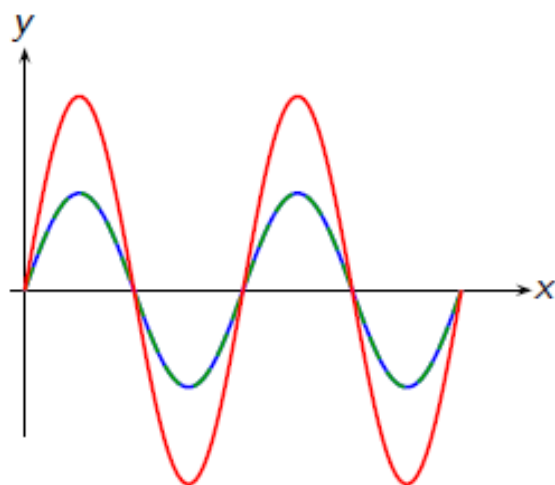
Zasada superpozycji:

Nakładające się fale dodają się, tworząc **falę wypadkową**.

Fale składowe **nie wpływają** na siebie!

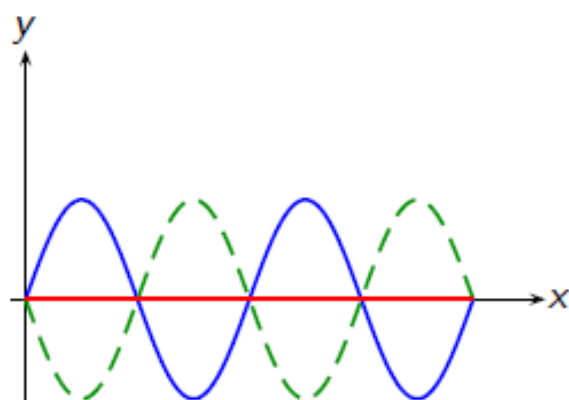
- Fala 1 ($t = 0$):
 $y = \sin(2x)$
- Fala 2 ($t = 0$):
 $y = \frac{1}{2} \sin(3x - 1)$
- **Suma algebraiczna** tych fal.

Interferencja fal



- Fazy zgodne:

$$\phi = n\pi, n = 0, 2, 4, \dots$$



- Fazy przeciwne:

$$\phi = n\pi, n = 1, 3, 5, \dots$$



Interferencja fal:

Nakładanie się fal o **takich samych** amplitudach oraz długościach.

- Fala 1:



$$y = y_m \sin(kx - \omega t)$$

Fala 2:






$$y = y_m \sin(kx - \omega t + \phi)$$

ϕ — przesunięcie fazowe.

Dyfrakcja i interferencja fal w przestrzeni

- Fale napotykając na przeszkody o **rozmiarach porównywalnych z ich długością** ulegają dyfrakcji (ugięciu).
- Przykład — dyfrakcja fal na wodzie przechodzących przez otwór w przegrodzie 
- Przykład — dyfrakcja i interferencja fal na wodzie przechodzących przez dwa otwory 

Fale stojące

- Fale rozchodzące się w danym ośrodku ulegają odbiciu na jego brzegach 
- Odbita fala ma taką samą długość jak padająca, a ich interferencja daje falę stojącą.
- Fala stojąca ma różne amplitudy w różnych punktach: strzałki — miejsca o maksymalnej amplitudzie, węzły — miejsca, w których brak drgań.
- Przykłady:
 - Stojące fale poprzeczne 
 - Stojące fale podłużne 
- Przy rezonansowych częstościach powstają fale o dużej amplitudzie:
 - Fale stojące w linie gumowej 
 - Fale stojące w płycie dwuwymiarowej 

Fala stojąca

