NIHANJE IN VALOVANJE

Nihanje periodično prekajanje telesa skozi stabilno ravnovesno lego

Sinusno (harmonično) nihanje

x ... trenutni odmik

x_0 ... največji odmik, amplituda

ω ... krožna frekv. $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{t_0}$

δ ... dodatni fazni zamik

v_0 ... največja hitrost (tj. pri $x=0$)

a_0 ... največji posp. (tj. pri x_0)

t_0 ... nihajni čas

$$x = x_0 \cdot \sin(\omega t + \delta)$$

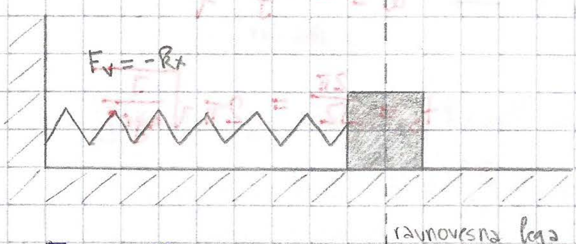
$$v = \frac{dx}{dt} = v_0 \cdot \cos(\omega t + \delta)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -a_0 \cdot \sin(\omega t + \delta)$$

Pri sinusnem nihanju je pospešek sorazmeren odmiku. $a = -\omega^2 x$

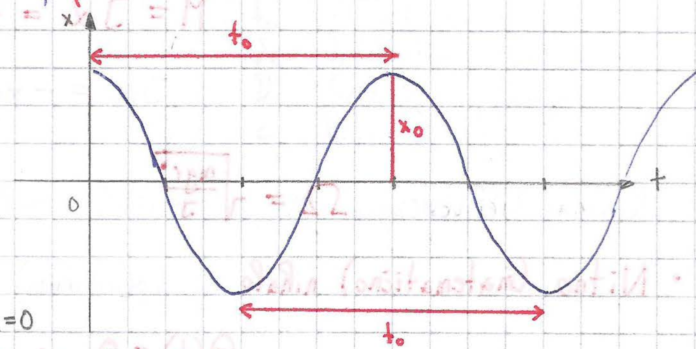
⇒ Pogoj za nihanje: $ma = F = -m\omega^2 x$

Če je sila, ki deluje na telo premo sorazmerna z odmikom telesa od ravnovesne lege, kaže pa v nasprotni smeri kot odmik, potem telo sinusno niha.



$F_v = -kx$

$\Sigma F = 0$



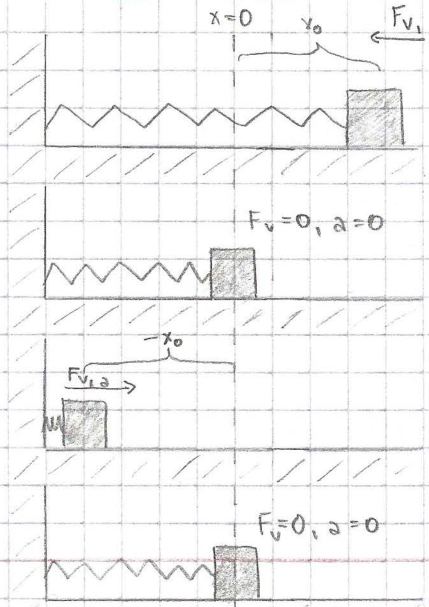
To je sicer kosinusni graf oz. $\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$, $\delta = \frac{\pi}{2}$

Amplituda NE vpliva na nihajni čas t_0.

Če povečamo **maso** in ohranimo vse ostalo, se t_0 poveča. $m \uparrow \; t_0 \uparrow$

Če povečamo **koef. vzmeti** in ohranimo vse ostalo, se t_0 zmanjša. $k \uparrow \; t_0 \downarrow$

• Vzmetno nihalo



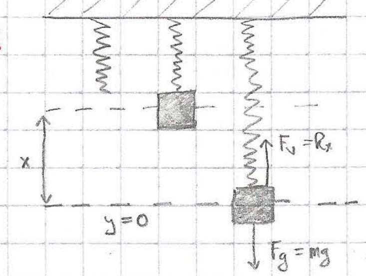
$F_v = -kx$ Hookov zakon

$ma = -kx \rightarrow a = -\frac{k}{m}x$

Krožna frekvenca $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Nihajni čas vzmetnega nihala:

$$t_0 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



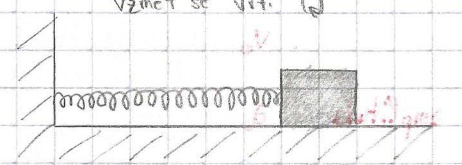
$\Sigma F = ma = F_v - F_g = kx - mg$

Pri navpičnem nihanju veljata enaki enačbi za t_0 in ω.

→ Ko je telo (nihalo) v najnižji legi, to privzamemo za ravnovesno lego, ker je tam $\Sigma F = 0$.

• Nihalo na polžasto vzmet (sučno nihalo)

vzmet se vrti



Pri sučnem nihalu ne smemo zamenjati krožne frekv. s krožno hitrostjo, zato:

Ω .. krožna frekv. $\qquad$ ω .. krožna hitrost

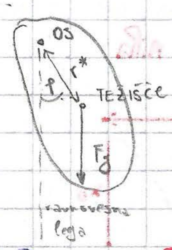
$M = -D \cdot \varphi$ navor polžaste vzmeti je sorazmeren zasuku iz ravnovesne lege (φ [rad])

$M = J\alpha = -D\varphi \rightarrow \alpha = -\frac{D}{J}\varphi = -\Omega^2\varphi \qquad \alpha = -\frac{D}{J}\varphi = -\Omega^2\varphi$

Krožna frekvenca $\Omega = \sqrt{\frac{D}{J}}$ $\qquad$ nihajni čas $t_0 = \frac{2\pi}{\Omega} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}}$

• Fizično nihalo

Telo niha zaradi navora sile teže (potem, ko ga odmaknemo iz ravnovesne lege).



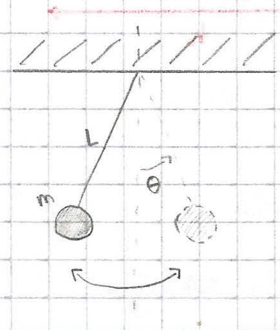
$M = J\alpha = -mgr^*\sin\varphi$

za majhne odmike velja $\sin\varphi \doteq \varphi$

$J\alpha = -mgr^*\varphi \rightarrow \alpha = -\frac{mgr^*}{J}\varphi$

Krožna frekvenca $\Omega = \sqrt{\frac{mgr^*}{J}}$ $\qquad$ nihajni čas $t_0 = \frac{2\pi}{\Omega} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgr^*}}$

• Nitno (matematično) nihalo (pendulum)



$\Theta(t) = \Theta_{max} \cdot \cos(\omega t + \delta)$

Krožna frekvenca $\Omega = \sqrt{\frac{mgr^*}{J}} = \sqrt{\frac{mgL}{mL^2}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$

nihajni čas $t_0 = \frac{2\pi}{\Omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

Energija pri nihanju

- **Vzmetno nihalo** $W_{pr} = \frac{1}{2} k x^2$ $\quad W_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \overbrace{x_0^2 \omega^2}^{v_0^2} \cos^2(\omega t)$

Celotna energija je vsota W_{pr} in W_k: $\quad W_{pr} = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} k x_0^2 \sin^2(\omega t)$

$$W_k + W_{pr} = \frac{1}{2} k x_0^2 = \frac{1}{2} m x_0^2 \omega^2$$

Hitrost je največja v ravnovesni legi $x=0$, kjer je $W_{pr} = 0$.

Odmik je največji pri x_0 oz. $-x_0$, kjer je $W_k = 0$.

- **Sučno nihalo** analogno kot za vzmetno, le $x \leftrightarrow \varphi$, $k \leftrightarrow D$

$$W_k = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} J \varphi_0^2 \Omega^2 \cos^2(\Omega t) \qquad W_{pr} = \frac{1}{2} D \varphi^2 = \frac{1}{2} D \varphi_0^2 \sin^2(\Omega t)$$

$$W_k + W_{pr} = \frac{1}{2} D \varphi_0^2 = \frac{1}{2} J \varphi_0^2 \Omega^2$$

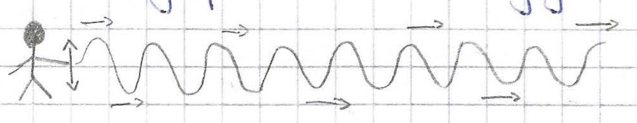
- **Fizično in matematično nihalo** glej skripto za razlago

$$W_k + W_p = \frac{1}{2} m g r^* \varphi_0^2 = \frac{1}{2} J \varphi_0^2 \Omega^2$$

Valovanje

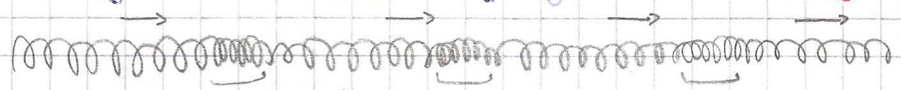
širjenje periodične motnje po prostoru

Če delci nihajo pravokotno na smer širjenja motnje, je to **prečno (transverzalno) valovanje**.

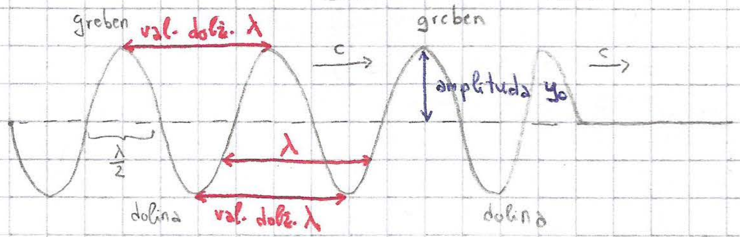


primer prečnega valovanja

Če delci nihajo v smeri širjenja motnje, je to **vzdolžno (longitudinalno) valovanje**.



primer vzdolžnega val.



y_0 amplituda
t_0 perioda
λ dolžina enega vala
ν frekvenca valovanja
c hitrost vala

$$y(x,t) = y_0 \cdot \sin(\omega t - kx + \delta) \qquad \omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{t_0}, \ \delta \text{ fazni premik}$$

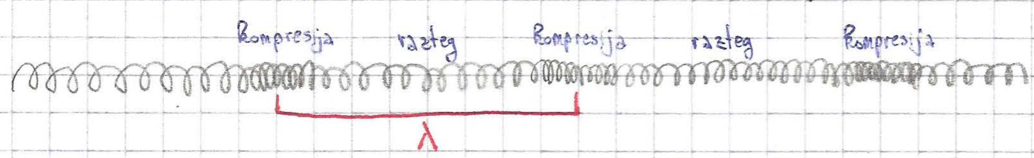
za valovanje v $+x$ smeri $\quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$ valovni vektor $[m^{-1}]$

če je v $-x$ smeri, zamenjamo predznak pred x (v $+kx$)

$$\frac{t}{t_0} = \frac{x}{\lambda} \longrightarrow \frac{x}{t} = \frac{\lambda}{t_0} \Longrightarrow c = \frac{\lambda}{t_0} = \lambda \cdot \nu$$

$\frac{x}{t}$: HITROST VALOVANJA

c: hitrost valovanja



Energija potujočega valovanja

Valovanje si zamislimo kot množ. sklopljenih nihal. Energija je zato vsota energij teh nihal. Skupna energija je enaka največji kinetični (ali potencialni) energiji.

$$W = \frac{1}{2} m \omega^2 x_0^2 .$$

(upoštevamo $v_0 = \omega x_0$)

Valovanje je praviloma porazdeljeno po nekem sredstvu, računamo gostoto energije:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 x_0^2$$

ρ ... gostota sredstva

Gostota energijskega valovanja:

$$j = \frac{W}{S \cdot t}$$

mislimo si, da potuje valovanje s hitrostjo c skozi valj z dolžino L in osnovno ploskvijo S:

$$j = \frac{W}{St} = \frac{wV}{St} = \frac{wLS}{St} = \frac{wc\cancel{tS}}{\cancel{St}} = c \cdot w$$

Dobimo:

$$j = cw = \frac{1}{2} c \rho \omega^2 x_0^2$$