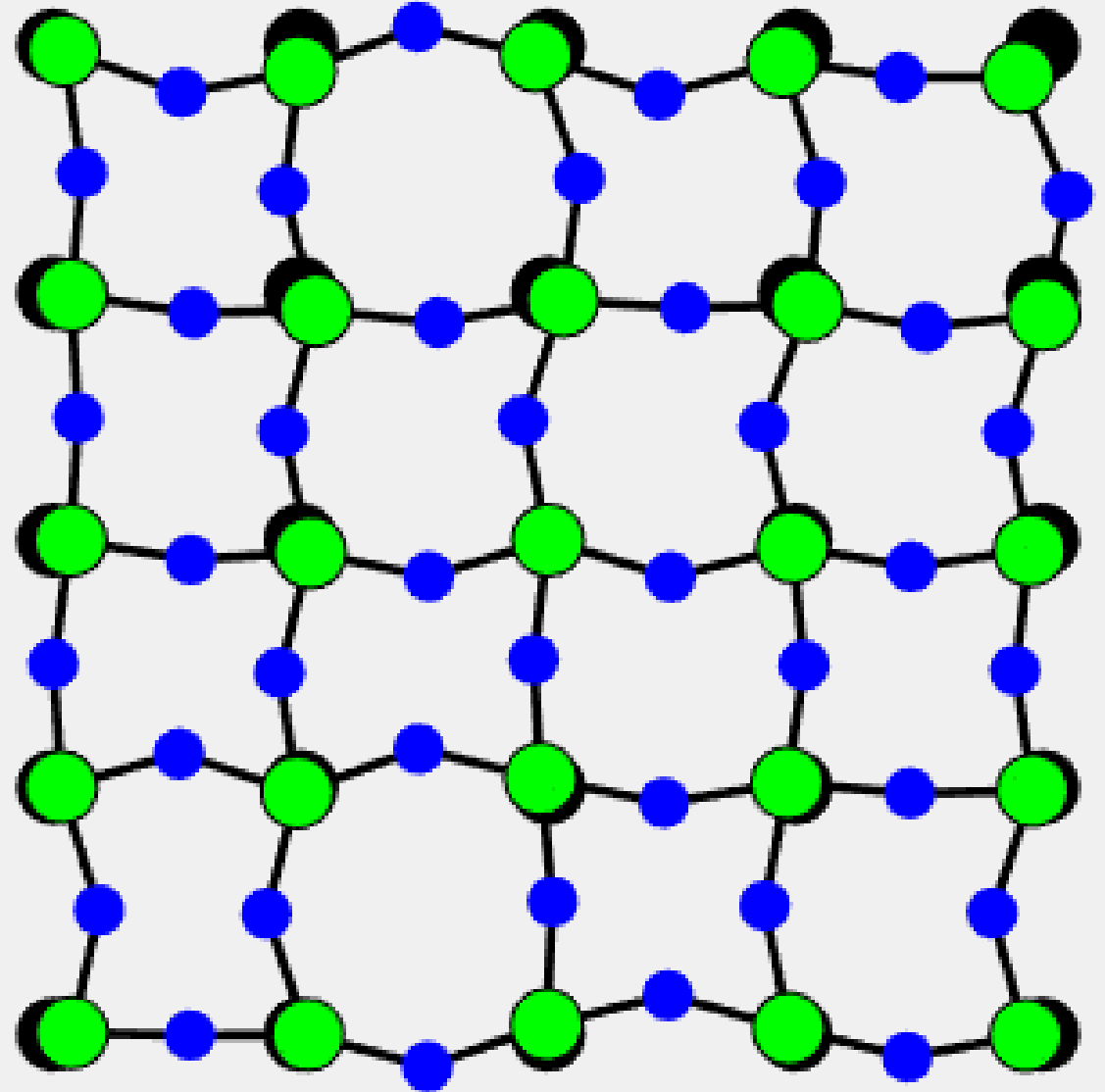


Kmitavý pohyb

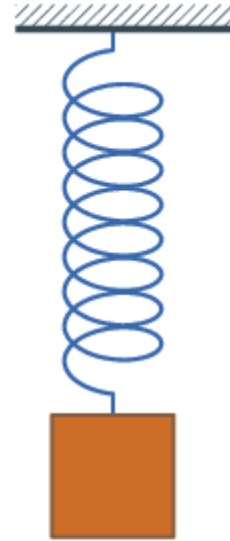
Kmitavý pohyb

- rovnovážná poloha
- výchylka y ... $[y] = m$
(vzdálenost od rovnovážné polohy)
- amplituda výchylky y_m
- je to nerovnoměrný pohyb



Mechanický oscilátor

- atomy a molekuly
- těleso na pružině
- kyvadlo
- torzní kyvadlo
- struna
- vzduchový sloupec
- zvon



Periodický kmitavý pohyb

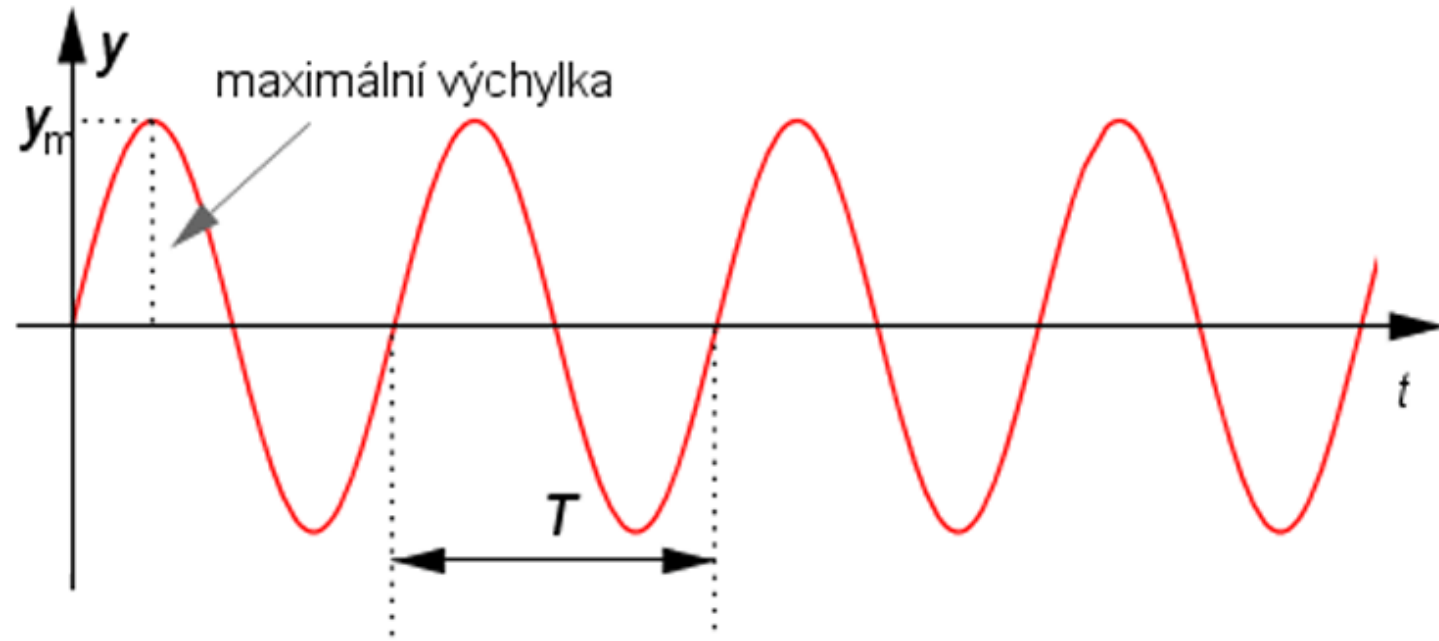
- pravidelně se opakuje
- jedno opakování ... kmit
- polovina kmitu ... kyv
- doba jednoho opakování ... perioda T ... $[T] = s$
- počet opakování za 1 s ... frekvence f ... $[f] = Hz, \text{ hertz}$
- $f = \frac{1}{T}$

Časový diagram

- závislost okamžité výchylky na čase



- sinusoida -> harmonický kmitavý pohyb



Harmonický kmitavý pohyb

- rovnice harmonického kmitavého pohybu
- $y = y_m \cdot \sin \omega t$
- ($y = y_m \cdot \cos \omega t$)

- úhlová frekvence $\omega \dots \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
- $[\omega] = \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Rychlost harmonického kmitavého pohybu

- při maximální výchylce nulová rychlost
- při nulové výchylce (v rovnovážné poloze) maximální rychlost
- jestliže se výchylka řídí funkcí sinus, pak se rychlost řídí funkcí kosinus
- $v = v_m \cdot \cos \omega t$
- $v_m = \omega \cdot y_m$
- $v = \omega \cdot y_m \cdot \cos \omega t$

Zrychlení harmonického kmitavého pohybu

- při maximální výchylce maximální zrychlení
- při nulové výchylce nulové zrychlení
- jestliže se výchylka řídí funkcí sinus, pak se zrychlení řídí funkcí sinus
- $a = -a_m \cdot \sin \omega t$
- $a_m = \omega^2 \cdot y_m$
- $a = -\omega^2 \cdot y_m \cdot \sin \omega t = -\omega^2 \cdot y$

Vzorcová pyramida

- $y = y_m \sin \omega t$

- $v = v_m \cos \omega t = \omega y_m \cos \omega t$

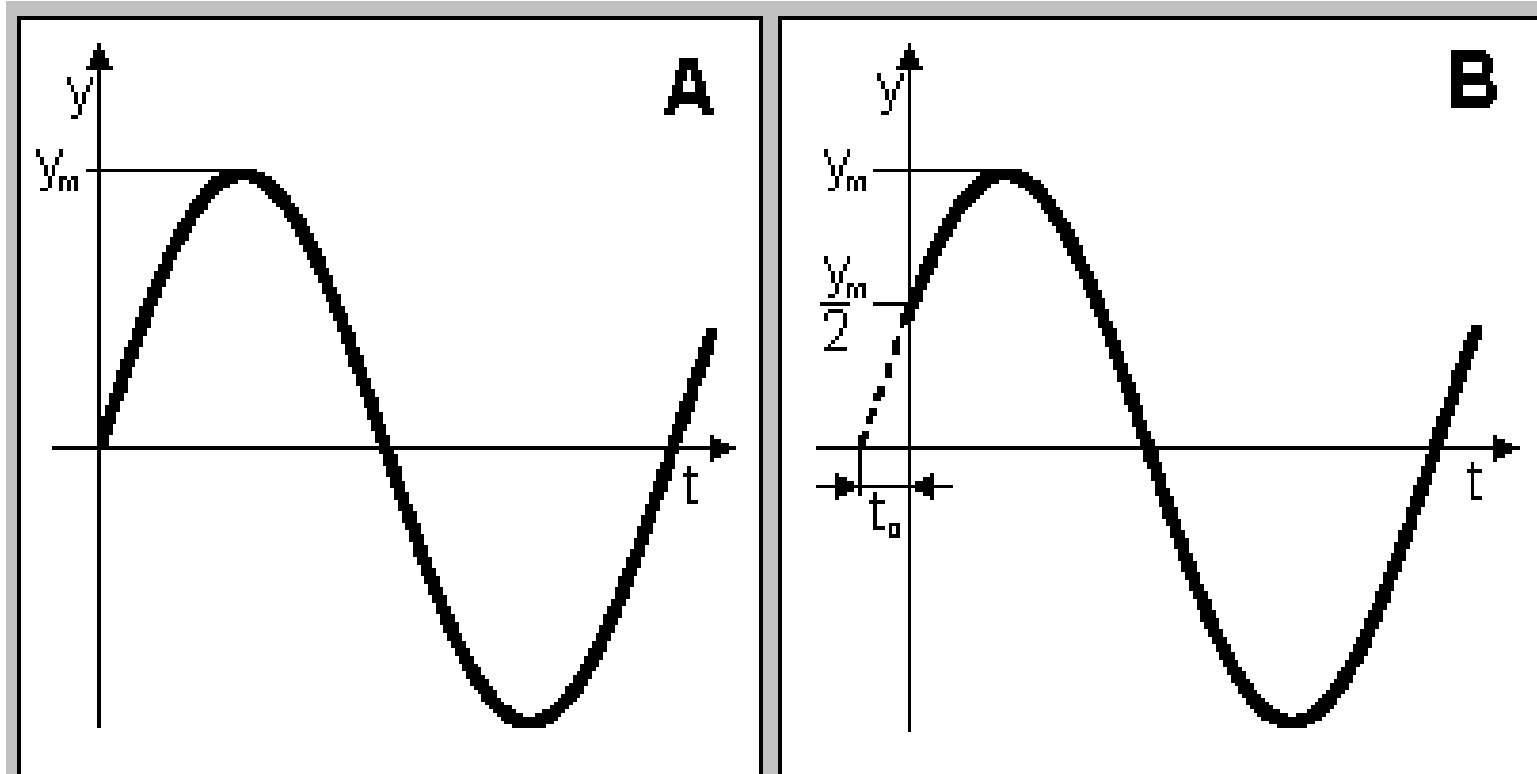
- $a = -a_m \sin \omega t = -\omega^2 y_m \sin \omega t = -\omega^2 y$

Fáze kmitavého pohybu

- $y = y_m \sin[\omega(t + t_0)]$
- $y = y_m \sin(\omega t + \omega t_0)$

- počáteční fáze $\varphi_0 = \omega t_0$

- $y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$



Fázový rozdíl

- fáze $\varphi = \omega t + \varphi_0$
- fázový rozdíl $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (\omega t + \varphi_{0_2}) - (\omega t + \varphi_{0_1})$
- $\Delta\varphi = \varphi_{0_2} - \varphi_{0_1}$
- fázový rozdíl rychlosti a výchylky je $\frac{\pi}{2}$
- fázový rozdíl zrychlení a výchylky je π

Složené kmitání (interference)

- princip superpozice $y = y_1 + y_2 + \dots + y_n$
- $y_1 = y_{m_1} \sin(\omega_1 t + \varphi_{0_1})$
- $y_2 = y_{m_2} \sin(\omega_2 t + \varphi_{0_2})$
- pro $\omega_1 = \omega_2$ záleží pouze na fázovém rozdílu

Složené kmitání (interference)

- pro $\Delta\varphi = 0$ nastává interferenční maximum

$$y_m = y_{m_1} + y_{m_2}$$

- pro $\Delta\varphi = \pi$ nastává interferenční minimum

$$y_m = |y_{m_1} - y_{m_2}|$$

- pro $\omega_1 \rightarrow \omega_2$ nastávají rázy (zázněje)

Dynamika kmitavého pohybu

2. Newtonův pohybový zákon

- $F = m \cdot a$

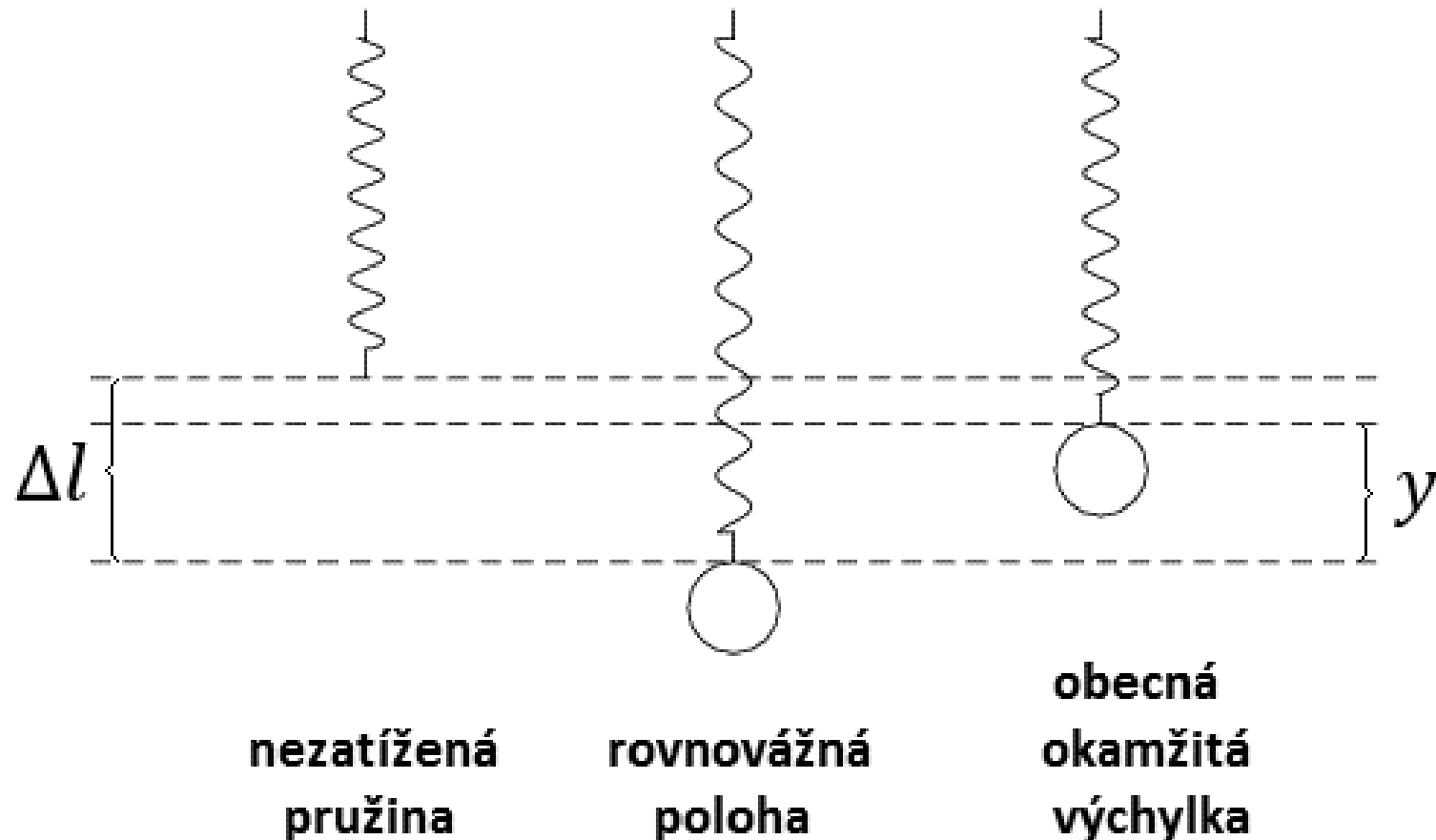
- $a = -\omega^2 \cdot y$

- $F = -m \cdot \omega^2 \cdot y$

Tuhost pružiny k

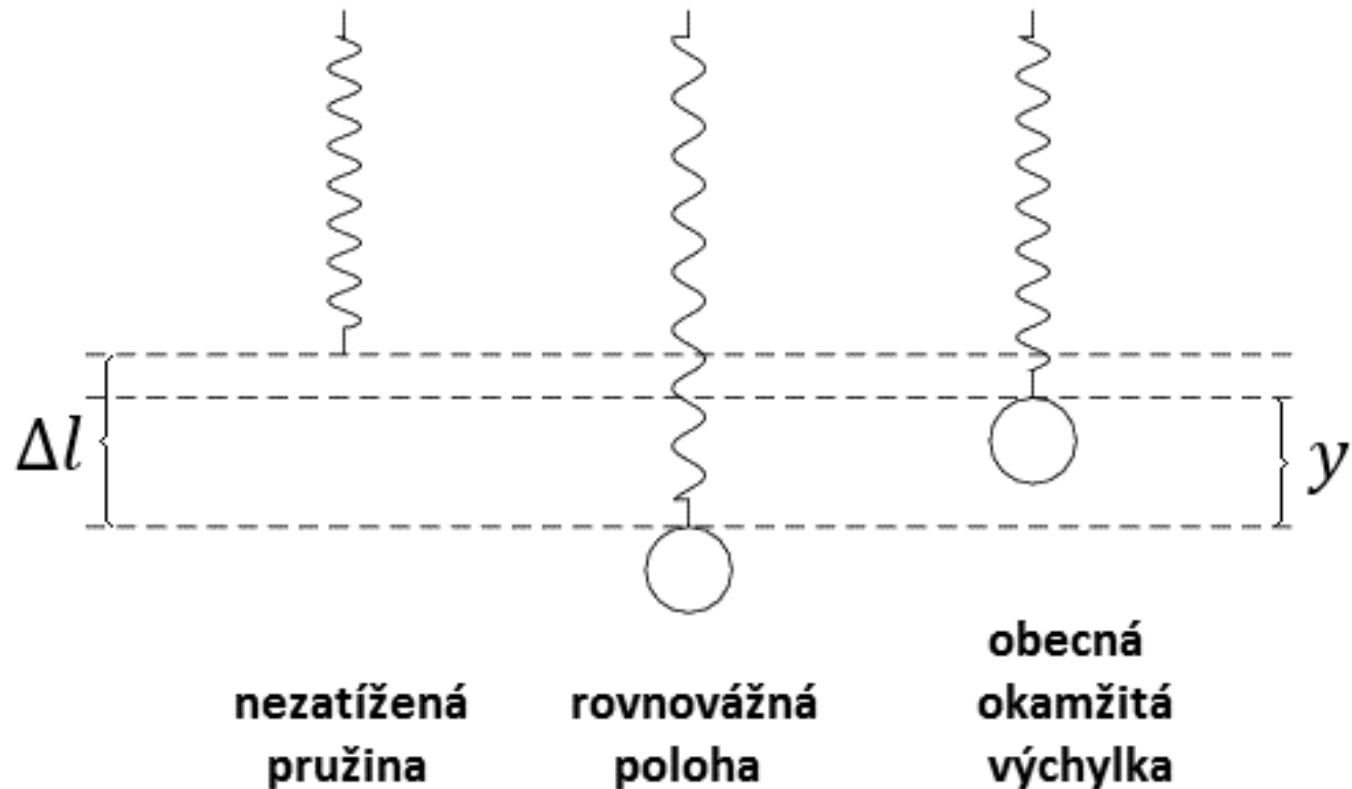
- $F_p = F_G$
- $k \cdot \Delta l = m \cdot g$

- tuhost pružiny k
- $[k] = N \cdot m^{-1}$



Tuhost pružiny k

- $F = k \cdot (\Delta l - y) - m \cdot g$
- $F = k \cdot \Delta l - k \cdot y - m \cdot g$
- $F = -k \cdot y$



Úhlová frekvence ω

- $F = -m \cdot \omega^2 \cdot y$
- $F = -k \cdot y$

- $-m \cdot \omega^2 \cdot y = -k \cdot y$
- $\omega^2 = \frac{k}{m}$

- $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Perioda T , frekvence f

- $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

- $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$

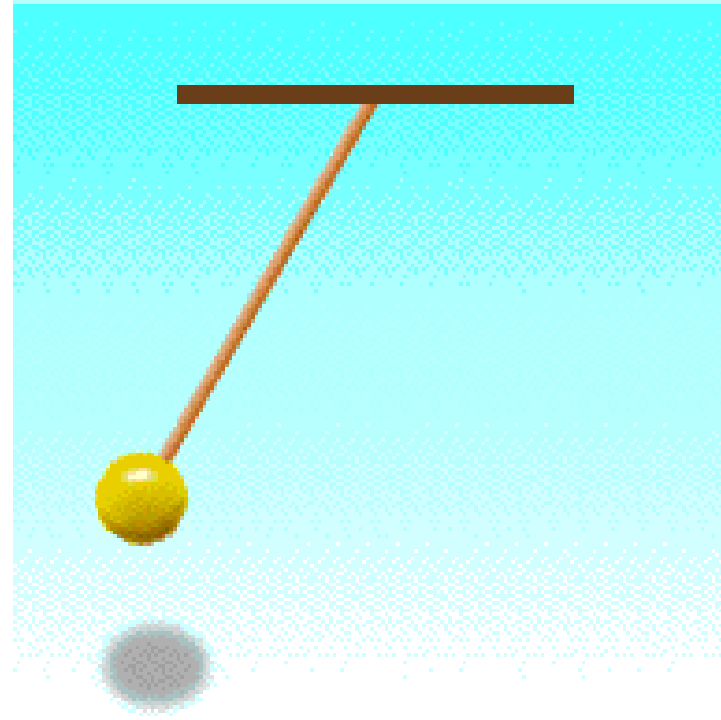
- $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

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

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

Kyvadlo

- těleso zavěšené nad těžištěm
- matematické kyvadlo
- $\alpha \leq 5^\circ$
- $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$



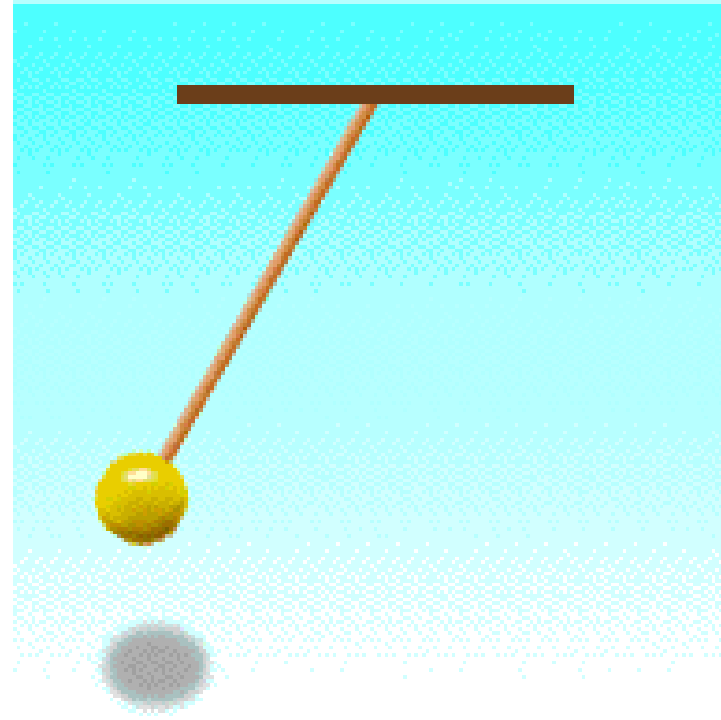
Kyvadlo

- délka kyvadla l

- $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$

- $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

- $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$



Energie mechanického kmitání

Energie

- kinetická energie

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

- potenciální energie pružnosti

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot y^2$$

Celková mechanická energie E

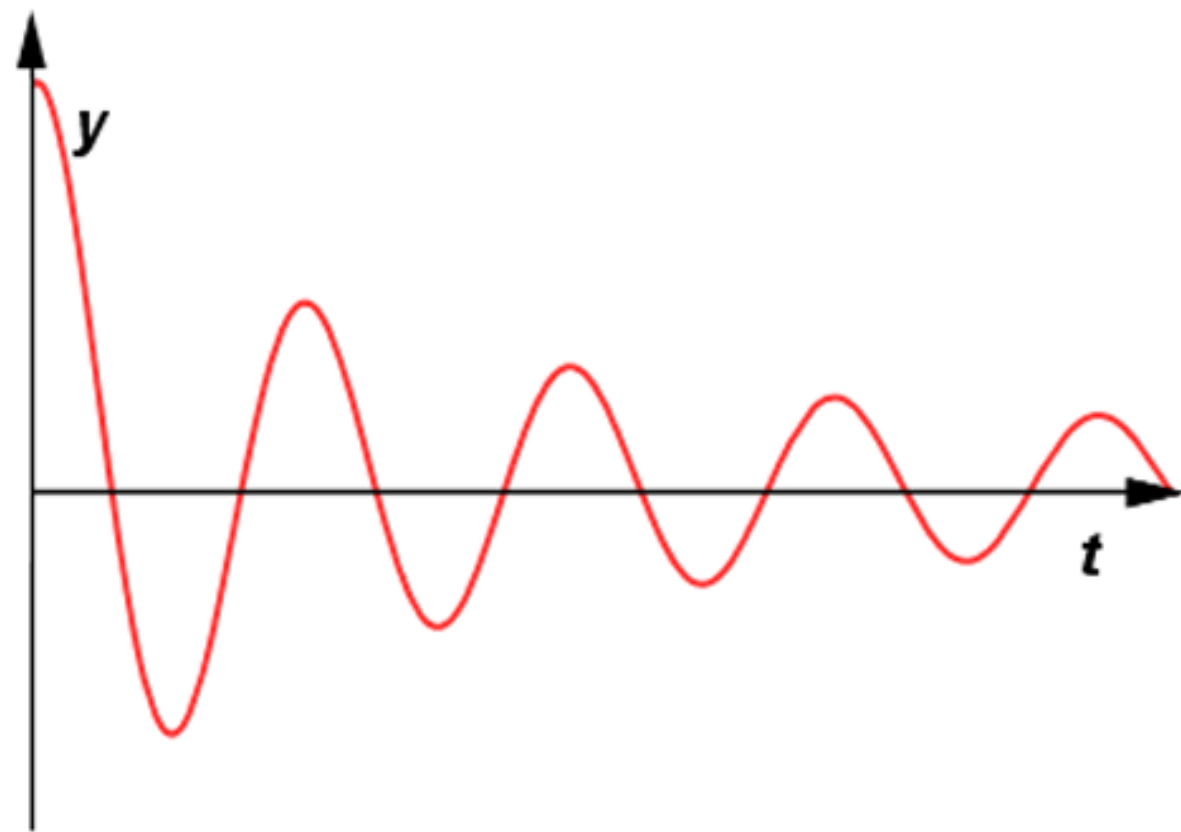
- $E = E_k + E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot k \cdot y^2$

- v rovnovážné poloze $E_p = 0$, proto $E = E_{k_m} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_m^2$

- v amplitudě výchylky $E_k = 0$, proto $E = E_{p_m} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot y_m^2$

Tlumené kmitání

- reálné kmitání je tlumené
- postupně se zmenšuje amplituda výchylky

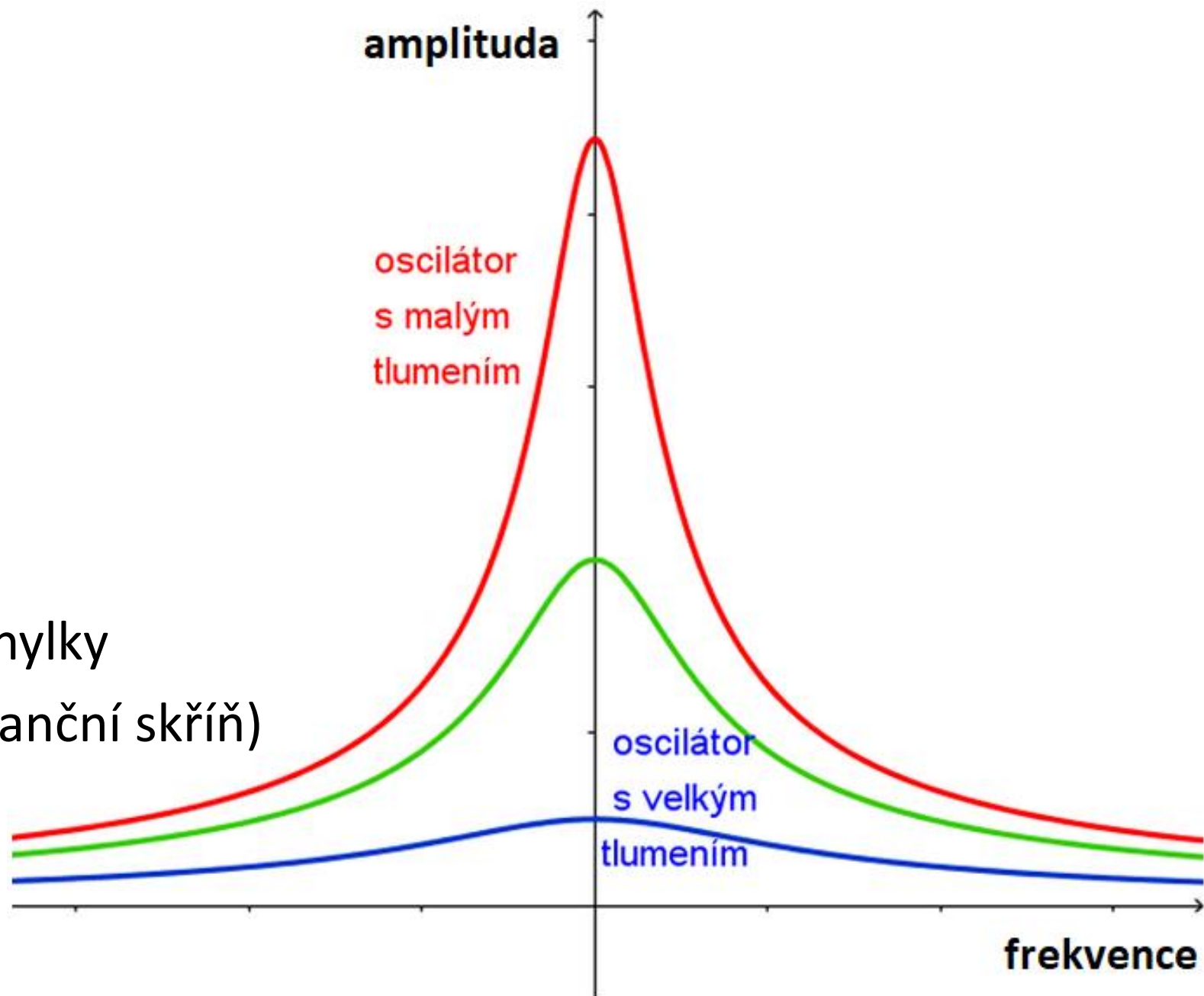


Nucené kmitání

- je třeba energii dodávat – pomocí vazby
- $F = F_m \cdot \sin \Omega t$
- oscilátor bude kmitat s (vnější) úhlovou frekvencí Ω

Rezonance

- rezonance = zesílení
- $\Omega = \omega$
- rezonanční křivka
- lze dosáhnout velké výchylky
- hudební nástroje (rezonanční skříň)



Testové otázky