11) Mechanické kmitání

Kmitavý pohyb

= mechanické kmitání

* Těleso, které kmitá se vrací do **rovnovážné polohy** (zde nejmenší potenciální energie)
* Mechanické kmity = oscilace
* **Mechanický oscilátor** = zařízení, které kmitá bez vnějšího působení (závaží zavěšené na pružině, ustalující se hladina nebo kyvadlo)
* **Periodický kmitavý pohyb** – pohyb s periodickým průběhem (v pravidelných časových intervalech)
* **Kmit** – děj, kdy se veličiny vrátí k původním hodnotám
* **Perioda** T [s] = doba 1 kmitu
* **Frekvence** (kmitočet) = počet kmitů za sekundu

   [f] = s–1 = Hz (hertz)

Kinematika kmitavého bodu

* Nerovnoměrný pohyb:
1. V krajních polohách se na chvíli zastavuje (nulová rychlost), potenciální energie pružnosti největší (kinetická energie největší)
2. Z krajní polohy do rovnovážné polohy – pohyb zrychlený (v rovnovážné poloze rychlost největší, v krajní poloze největší zrychlení)
3. Z rovnovážné polohy do polohy krajní – pohyb zpomalený
4. Skrz rovnovážnou polohu největší rychlost a kinetická energie (potenciální energie pružnosti nulová)
* **(Okamžitá) výchylka** (y) = vzdálenost od rovnovážné polohy
* $Amplituda (y\_{m})$ = maximální výchylka
* U reálného oscilátoru se amplituda výchylky postupně zmenšuj, až volné kmitání zanikne (mechanické energie oscilátoru se přemění v jinou formu energie)
* Časový diagram – vyjadřuje závislost okamžité výchylky na čase

**Energie oscilátoru**

$$E=\frac{1}{2}ky\_{m}^{2}=\frac{1}{2}mv\_{m}^{2}$$

$$=\frac{1}{2}ky^{2}(t)+\frac{1}{2}mv^{2}(t)$$

Fáze harmonického pohybu

* Harmonický kmitavý pohyb = přímočarý kmitavý pohyb hmotného bodu: časový diagram je sinusoida (kosinusoida), lze si představit jako pohyb po kružnici

$$y=y\_{m}\sin(\left(φ+φ\_{0}\right))\left(t\right)=y\_{m}\sin(\left(ωt+φ\_{0}\right))$$

**ROVNICE HARMONICKÉHO POHYBU**

(t) v čase t

𝜑(𝑡) fáze harmonického pohybu = 𝜔𝑡

$φ\_{0}$počáteční fáze (v čase t=0)

$∆φ=φ\_{2}-φ\_{1}$fázový rozdíl dvou kmitů

ω [rad × s–1] úhlová frekvence (= úhel, který hmotný bod urazí za jednotku času)





**Rychlost** harmonického pohybu (největší v rovnovážné poloze, v amplitudě nulová)

vm = ω × ym Maximální hodnota okamžité rychlosti

am = ω2 × ym **Amplituda zrychlení** (největší zrychlení harmonického pohybu)

Dynamika kmitavého pohybu – pružina



Při elastické deformaci (materiál se vrátí do původního tvaru) pružiny podle Hookova zákona $F\_{p}=-ky$.

k tuhost pružiny (konstanta)

y výchylka

Z čehož lze odvodit:

$$ω=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T=2π\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f=\frac{1}{2π}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Dynamika kmitavého POHYBU – KYVADLO

**Kyvadlo** = těleso zavěšené nad těžištěm, které kmitá kolem své rovnovážné polohy po kruhovém oblouku, jehož středem je osa, která prochází závěsem

**Matematické kyvadlo** – hmotný bod zavěšený na konci lanka o zanedbatelné hmotnosti

$$f=\frac{1}{2π}\sqrt{\frac{g}{l}};T=2π\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Složené kmitání

**Princip superpozice** – Koná-li hmotný bod více kmitů stejného směru, pak jeho okamžitá výchylka je rovna součtu jednotlivých výchylek.

$$y=y\_{1}+y\_{2}+y\_{3}+…$$

* Skládáme-li kmitání stejné frekvence – výsledné kmitání je harmonické
* Pokud $f\_{1}\ne f\_{2}$ vzniká složené kmitání které není harmonické, ale pokud je poměr jejich period celé číslo, kmitání je periodické
* Skládáním harmonických pohybů velmi blízkých frekvencí vznikají rázy

Tlumené kmitání

* Amplituda postupně klesá, dokud kmitání nezanikne
* Vliv: tření, prostředí, deformaci oscilátoru

neTlumené kmitání

* Amplituda se nemění (nepůsobí žádné brzdící síly)

Nucené kmitání, rezonance

**Nucené kmitání**

* Vzniká působením vnější periodické síly na mechanický oscilátor
* Frekvence kmitů = frekvence působící síly
* Kmitání oscilátoru je netlumené
* Např.: driblování s míčem při basketbalu (ztracenou E obnovujeme pravidelnými údery ruky a nutíme tím míč vyskočit do původní polohy)

**Rezonance**

* Je-li úhlová frekvence ω nucených kmitů = frekvence ω0 vlastních kmitů oscilátoru, pak amplituda kmitů dosáhne největší hodnoty a dochází k rezonančnímu zesílení
* Při rezonanci lze i malou silou vyvolat velké amplitudy
* **Rezonanční křivka** = graf vyjadřující závislost amplitudy výchylky ym nuceného kmitání na jeho úhlové frekvenci ω
* Příklady: rozkmitání mostu při přechodu vojáků, chvění oken při přeletu letadla, rozkmitání rezonančních desek hudebních nástrojů