

# Tlumený harmonický oscilátor

S tlumeným harmonickým oscilátorem se setkáváme v reálných podmínkách. (Na rozdíl od harmonického oscilátoru, který by mohl existovat jen v ideálních podmínkách). Dochází u něj k částečné přeměně energie kmitavého pohybu na jiné formy energie (například na vnitřní energii nebo na energii potřebnou k překonání třecí síly) a vzniká tlumené kmitání. Pokud dodáme energii pouze na začátku pohybu, pohyb postupně úplně zanikne.

## Tlumené kmitání

Jak už bylo na začátku řečeno, s tlumeným kmitáním se setkáváme v případě, že se část energie kmitavého pohybu přemění na energii jinou. Tlumení kmitání harmonického oscilátoru je závislé na **hustotě prostředí**, ve kterém kmitá. Tlumení je větší ve vodě než na vzduchu. Dále je závislé na rychlosti, kterou oscilátor kmitá.

Tlumené kmitání můžeme popsat rovnicí  $y = e^{-(b \cdot t)/2m} \cdot y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ , kde **b** je konstanta úměrnosti mezi odporovou silou a rychlostí tělesa a **m** hmotnost tělesa.

## Vlastnosti tlumeného oscilátoru

Na rozdíl od netlumeného harmonického oscilátoru, kde je amplituda konstantní, se u tlumeného harmonického oscilátoru amplituda exponenciálně zmenšuje (až se stane po určitém čase nulovou). Úhlová frekvence  $\omega$  bude menší, než by za samých podmínek byla u netlumeného oscilátoru, a je dána vztahem  $\omega = \sqrt{(\omega_0^2 - \delta^2)}$ , kde  $\omega_0$  je úhlová frekvence netlumeného kmitání a  $\delta$  je součinitel tlumení (veličina vyjadřující vliv prostředí na kmitavý pohyb mechanického oscilátoru). Z toho, že úhlová frekvence tlumeného harmonického oscilátoru bude menší než u netlumeného, můžeme dále odvodit, že frekvence bude také menší a perioda vyšší.

## Dynamika harmonického oscilátoru

Kmitavý pohyb tlumeného harmonického oscilátoru je ovlivněn odporem prostředí.

Proto je celková síla působící na oscilátor dána vektorovým součtem síly působící na oscilátor ve výchylce  $y$  směrem do rovnovážné polohy ( $F_0$ ) a síly tlumící, která má směr opačný ( $F_t$ ).

Vzorec :  $F = F_0 + F_t$

$F_0$  je síla přímo úměrná výchylce  $y$  a tuhosti pružiny  $k$ . Její vzorec :  $F_0 = -k \cdot y$

$F_t$  je síla přímo úměrná rychlosti oscilátoru. Je dána vzorcem  $F_t = -b \cdot v$

Proto můžeme výslednou sílu vyjádřit jako:  $F = -k \cdot y - b \cdot v$

## Typy tlumení

Podle toho, jaká tlumící síla na oscilátor působí, můžeme tlumení rozlišit na slabé, silné a kritické.

### Slabé tlumení

O slabém tlumení hovoříme v případě, že oscilátor koná periodický pohyb, ale jeho amplituda klesá s časem.

Pro amplitudu výchylky v daném čase platí :  $y_m = y_{m0} \cdot e^{-(b \cdot t)/2m}$

### Silné tlumení

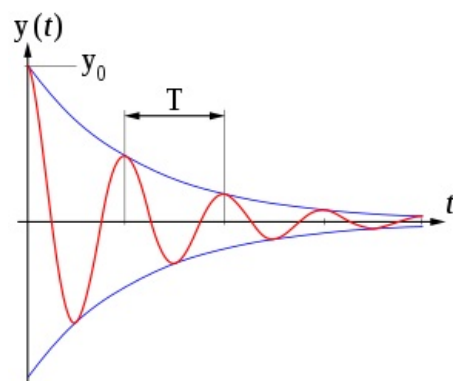
O silném tlumení mluvíme v případě, kdy se oscilátor nepohybuje periodicky (koná pohyb aperiodický). To znamená, že nikdy nepřesáhne svou rovnovážnou polohu, jen se k ní pomalu (asymptoticky) blíží. Pro tento pohyb také platí, že  $\omega_0 < \delta$ .

### Kritické tlumení

O kritickém tlumení se jedná v případě, že oscilátor koná tzv. mezní aperiodický pohyb.

To znamená, že se oscilátor nerozkmitá, ale v co nejkratším čase dosáhne rovnovážné polohy.

Pro toto tlumení platí :  $\omega_0 = \delta$



## Odkazy

### Související články

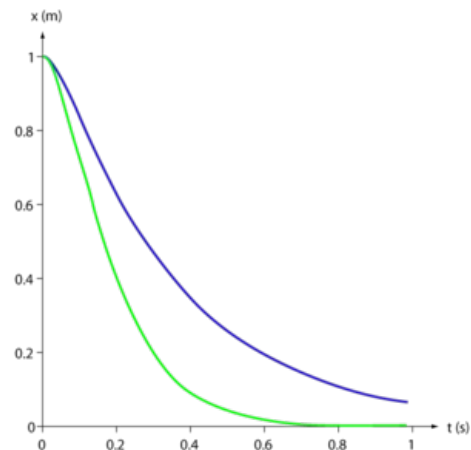
- Harmonický oscilátor

## Zdroj

- <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/162-tlumene-kmitani>
- <http://home.zcu.cz/~mika/MM/Motivace%20MM/kmity.html>
- [http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka\\_schauer/mechanicke\\_kmity.pdf](http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka_schauer/mechanicke_kmity.pdf)
- [https://cs.wikipedia.org/wiki/Tlumen%C3%A9\\_kmit%C3%A1n%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tlumen%C3%A9_kmit%C3%A1n%C3%AD)
- [http://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/materialy/analyticka\\_reseni\\_pohybu\\_castic\\_a\\_teles.pdf](http://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/materialy/analyticka_reseni_pohybu_castic_a_teles.pdf)
- <http://artemis.osu.cz/vops2/prikl/sem01.pdf>

## Použitá literatura

- LEPIL, Oldřich. *Malý lexikon fyziky*. 1. vydání. Praha : Prometheus, 1995. ISBN 80-85849-77-1.
- LANK, Vladimír a Miroslav VONDRA. *Fyzika v kostce*. 2. vydání. 2002. ISBN 80-7200-335-6.



Graf silného tlumení(modře) a kritického tlumení(zeleně)