



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta přírodovědně-humanitní  
a pedagogická



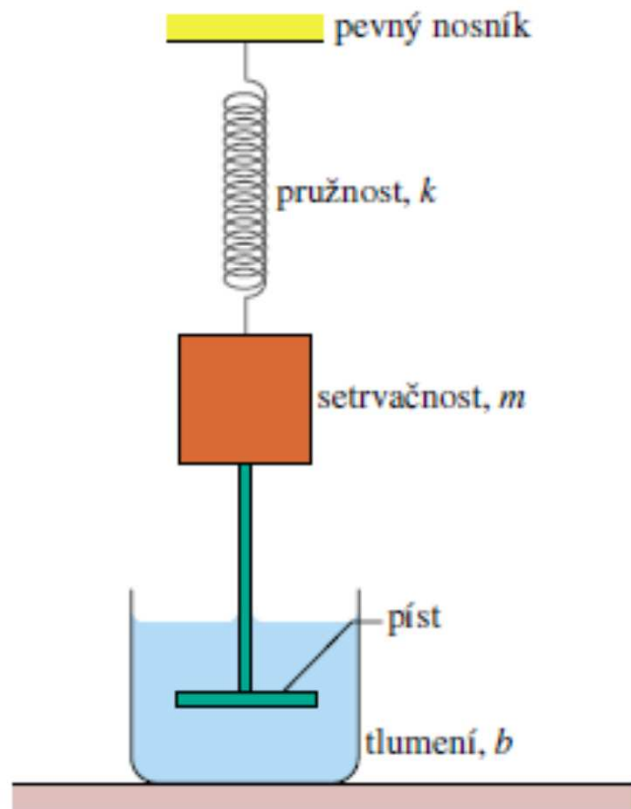
# Tlumené kmity

*FYZ1 – Přednáška 14*  
*HRW – kapitoly 16*



# Tlumené kmitání

Tlumící síla  $F_v = -kx - bv$  Pohybová rovnice



$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = 0$$

$$x(t) = x_m e^{-bt/(2m)} \cos(\omega' t + \varphi)$$

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$$

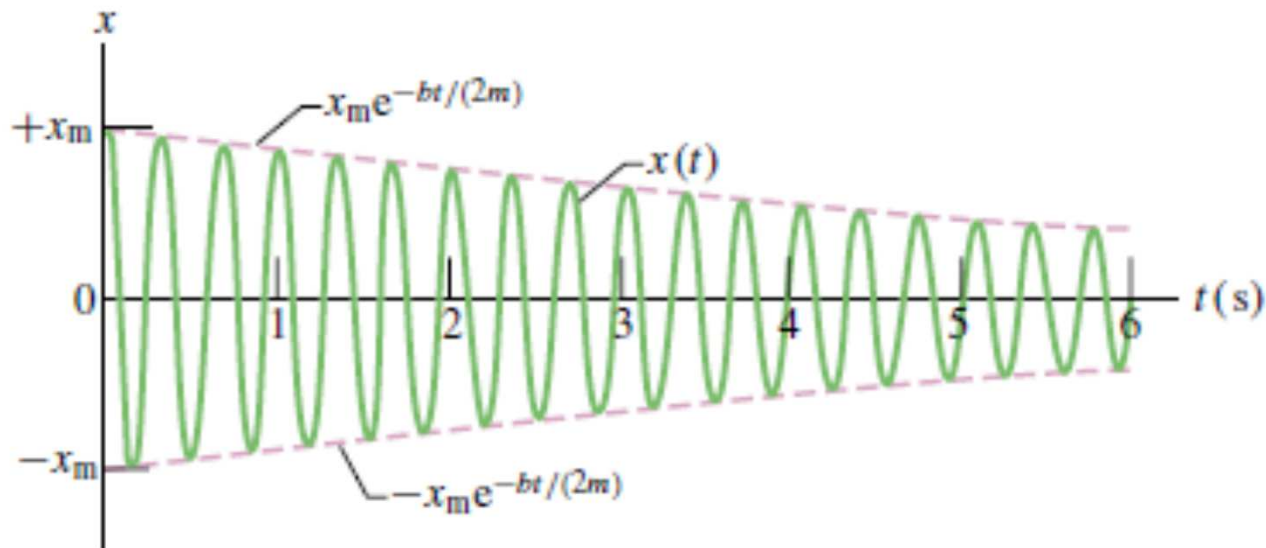


# Časový průběh tlumeného kmitu

obalová křivka

$$x(t) = x_m e^{-bt/(2m)} \cos(\omega' t + \varphi)$$

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$$



# Útlum a logaritmický dekrement

Amplituda kmitu klesá po každé periodě

Útlum

$$\frac{x_m e^{-\frac{bt}{2m}}}{x_m e^{-\frac{b(t+T)}{2m}}} = e^{\frac{bT}{2m}}$$

Logaritmický dekrement [Bell, dB]

$$\log \frac{x(t)}{x(t+T)} = \frac{bT}{2m} \log e$$



## Příklad

Logaritmický dekrement 1dB (0.1B) je pokles amplitudy kmitů za jednu periodu rovný

$$\frac{x(t)}{x(t+T)} = 10^{0.1} = 1.259$$

3dB odpovídají poklesu amplitudy zhruba na polovinu

$$\frac{x(t)}{x(t+T)} = 10^{0.3} = 1.995$$



# Nucené kmitání

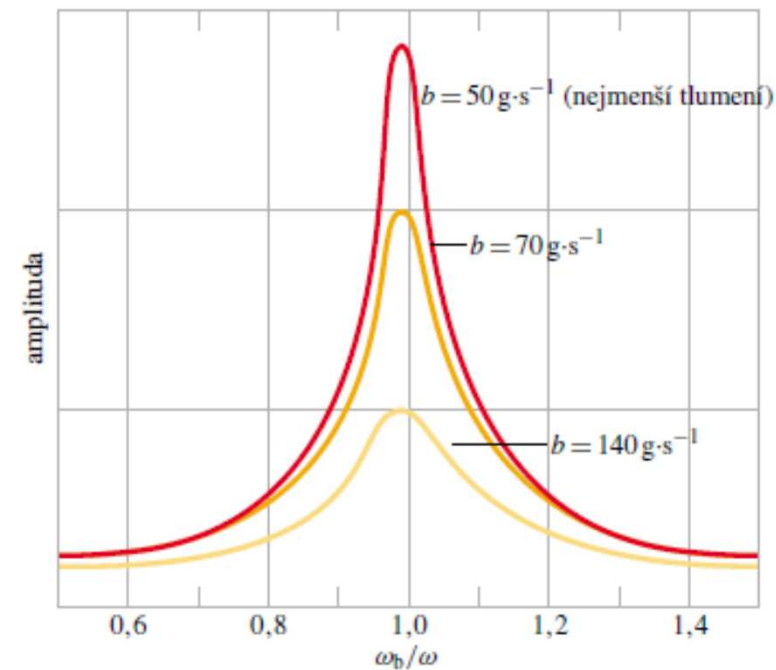
Kmit je nucen periodickou silou o frekvenci  $\omega_b$

Výsledkem je kmit

$$x(t) = x_m \cos(\omega_b t + \varphi)$$

Jehož amplituda

závisí na frekvenci

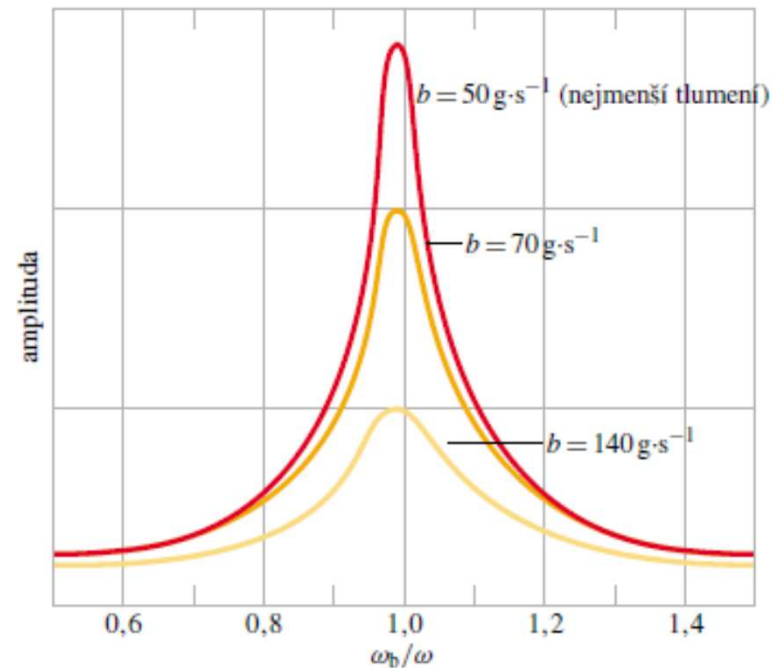


# Rezonance

Nucené kmitání má  
v blízkosti frekvence  $\omega_b$   
velmi „zesílenou“  
amplitudu  $x_m$   
Rezonanční frekvence

$$\omega_r = \sqrt{\omega_b^2 - \left(\frac{b}{2m}\right)^2}$$

$$x(t) = x_m \cos(\omega_b t + \varphi)$$



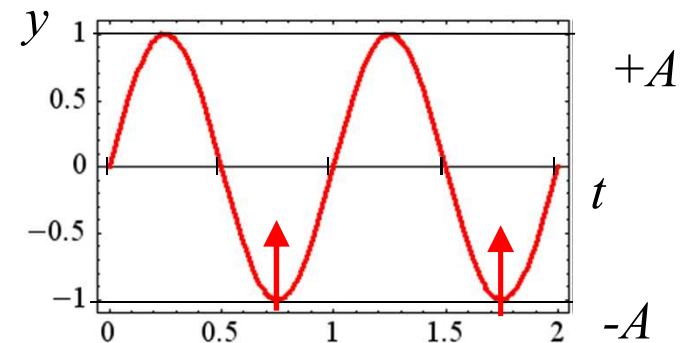
# Parametrická rezonance

Jiný jev než rezonance, jde o změnu parametrů systému v určitém okamžiku kmitu

Např.:

Houpání na houpačce – změna rozložení hmoty v krajní poloze kmitu, vede k udržení rozkmitu

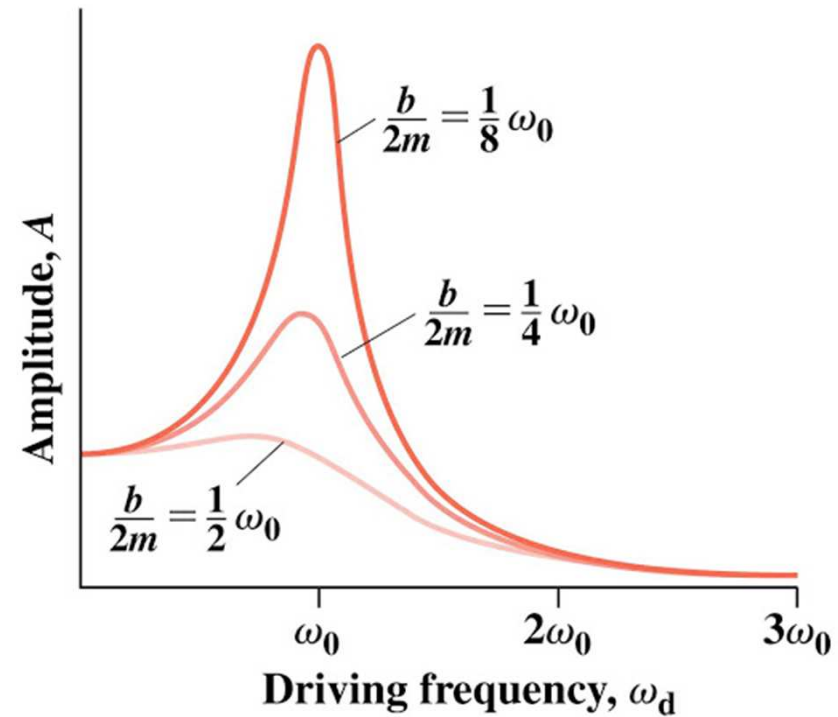
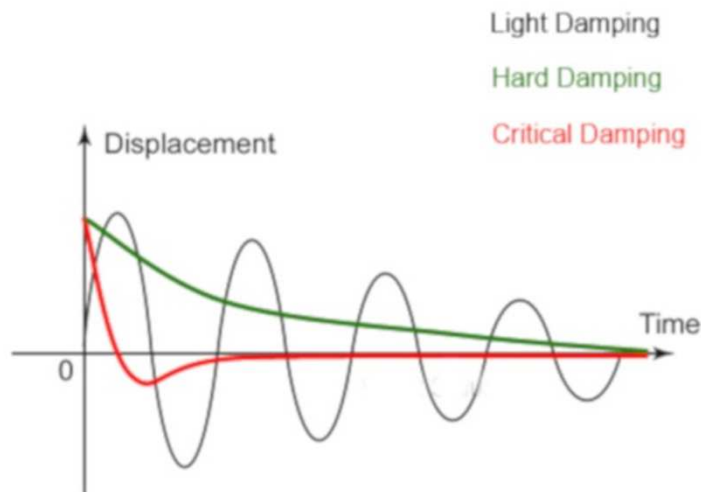
Jo-jo (Maxwellovo kyvadlo) – změna směru v dolní poloze se současným impulsem





# Tlumení

Tlumený, anharmonický (přetlumený) a kriticky tlumený kmit



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

