

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
<b>FYZIKA</b>	<b>PRVNÍ</b>	<b>MGR. JÜTTNEROVÁ</b>	<b>9. 6. 2013</b>
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
<b>MECHANICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ</b>			

## VLASTNÍ KMITÁNÍ MECHANICKÉHO OSCILÁTORU

### Kmitavý pohyb

- Je **periodický pohyb** (průběh se opakuje v pravidelných časových intervalech), těleso pravidelně prochází rovnovážnou polohou.  
Nejkratší doba, za kterou se pohyb opakuje, je **perioda T (doba kmitu)**.  
Počet kmitů za 1 sekundu se nazývá **frekvence** (kmitočet) **f**.

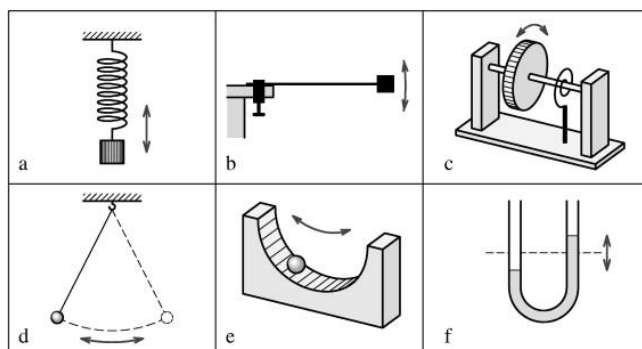
$$f = \frac{1}{T}$$

Jednotka frekvence:  $[f] = \frac{1}{s} = s^{-1} = Hz \dots \text{Hertz}$

V praxi se používají jednotky *kHz*, *MHz*

- Je to pohyb **nerovnoměrný**.
- Zařízení, které kmitá bez vnějšího působení, se nazývá **mechanický oscilátor** (váleček zavěšený na pružině). Jde o **vlastní kmitání** mechanického oscilátoru, které je **tlumené** a po určité době zanikne.

### Mechanické oscilátory

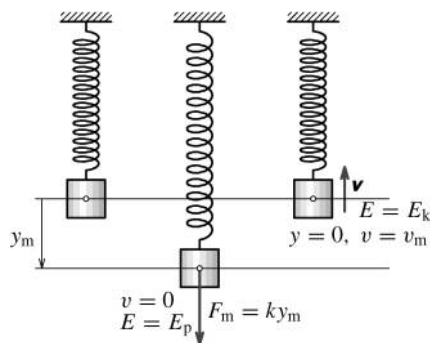


Zdroj obr: [http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT\\_html/G3/kap5/5-1.htm](http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT_html/G3/kap5/5-1.htm)

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

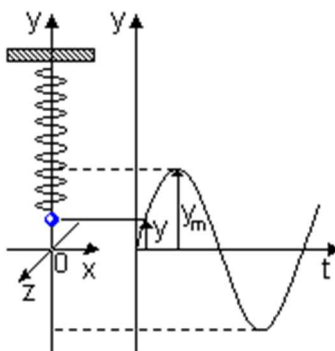
### KMITÁNÍ PRUŽINOVÉHO OSCILÁTORU

- Pružinový oscilátor je těleso zavěšené na pružině.
- Pohyb je periodický, nerovnoměrný, přímočarý.



Zdroj obr: [http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT\\_html/G3/kap5/5-8.htm](http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT_html/G3/kap5/5-8.htm)

- při kmitání těleso **mění rychlost**
    - největší rychlost má v rovnovážné poloze
    - nulovou rychlost má v krajních polohách
  - **pohyb je zpomalený**
    - z rovnovážné polohy do krajní
  - **pohyb je zrychlený**
    - z polohy krajní do rovnovážné
  - **okamžitá výchylka  $y$** 
    - je výchylka v určitém okamžiku
    - nabývá kladných, záporných a nulových hodnot
  - **amplituda výchylky  $y_m$** 
    - je maximální velikost okamžité výchylky
    - postupně se zmenšuje (vlivem třecí síly) – **kmitání je tlumené**
    - nezmenšuje se, pokud je oscilátoru dodávána energie – **kmitání je netlumené**
- Grafem závislosti okamžité výchylky na čase je **sinusoida** (jde o harmonický pohyb).

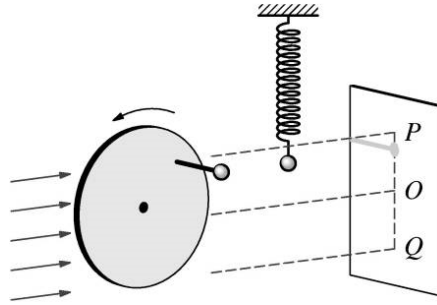


Zdroj obr: <http://lac.karlov.mff.cuni.cz/KmitMain/Kmitani/KiKmPoR.htm>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Souvislost kmitavého pohybu a rovnoměrného pohybu po kružnici**

- Kmitavému pohybu odpovídá průmět rovnoměrného pohybu po kružnici do svislé roviny.

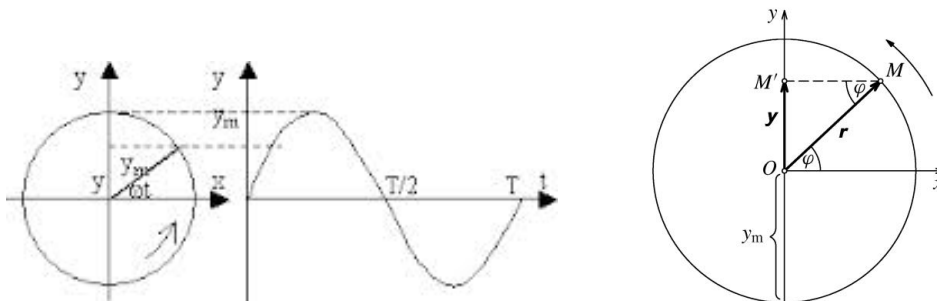


Zdroj obr: [http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT\\_html/G3/kap5/5-2.htm](http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT_html/G3/kap5/5-2.htm)

Odkaz na animaci:

<http://lac.karlov.mff.cuni.cz/KmitMain/Kmitani/KiKmPoR.htm>

- Hmotný bod  $M$  se pohybuje stálou úhlovou rychlostí  $\omega$ . Úhel  $\varphi = \omega t$  je **fáze kmitavého pohybu**. Za dobu  $t$  opíše průvodič bodu úhel  $\varphi$ .



Zdroje obr: [http://www.oskole.sk/?id\\_cat=51&clanok=2905](http://www.oskole.sk/?id_cat=51&clanok=2905),  
[http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT\\_html/G3/kap5/5-2.htm](http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT_html/G3/kap5/5-2.htm)

- Je-li v čase  $t = 0$  mechanický oscilátor v rovnovážné poloze  $\Rightarrow$  pro okamžitou výchylku platí:  $y = y_m \sin \omega t$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \dots \text{úhlová frekvence}$$

$$\text{jednotka: } [\omega] = s^{-1}$$



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Jestliže v čase  $t = 0$  mechanický oscilátor neprochází rovnovážnou polohou, pak pro okamžitou výchylku platí:  $y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ , kde  $\varphi_0$  je **počáteční fáze** kmitavého pohybu.

- Vztah pro rychlost kmitavého pohybu:  $v = \omega \cdot y_m \cos \omega t$

Vztah pro zrychlení kmitavého pohybu:  $a = -\omega^2 \cdot y \Rightarrow a = -\omega^2 \cdot y_m \sin \omega t$

**Zrychlení je přímo-úměrné okamžité výchylce, ale má opačný směr.**



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### PRACOVNÍ LIST 1

### KMITAVÝ POHYB

#### Příklad 1:

Kulička, která je zavěšená na pružině, kmitá s amplitudou výchylky 10 cm a periodou 1 s. Určete okamžitou výchylku, rychlost a zrychlení v čase  $t = 1/12$  sekundy od okamžiku, kdy kulička projde rovnovážnou polohou. Pohyb kuličky považujte za harmonický.

#### Příklad 2:

Hmotný bod kmitá s amplitudou výchylky 10 cm. Určete okamžité výchylky v časech  $1/4 T$ ,  $1/3 T$  a  $1/2 T$ . Pohyb považujte za harmonický.

#### Příklad 3:

Bod vykonává harmonický kmitavý pohyb s periodou 0,5 s. Určete fázi hmotného bodu v čase 0,05 s. Počáteční fáze kmitavého pohybu je rovna nule.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### PRACOVNÍ LIST 2

### KMITAVÝ POHYB

#### Příklad 4:

Závaží na pružině kmitá s amplitudou výchylky 2 cm. Doba kmitu je 1 s. Pohyb závaží považujte za harmonický.

- Napište rovnici pro okamžitou výchylku.
- Určete, za jak dlouho se dostane závaží z rovnovážné polohy do krajní polohy.
- Určete, za jakou dobu vykoná závaží první polovinu této dráhy.
- Určete, za jak dlouho vykoná druhou polovinu této dráhy.

#### Příklad 5:

Okamžitá výchylka bodu při harmonickém kmitání se mění podle vztahu  $y = 5\text{cm} \cdot \sin 4\pi t$ . Určete amplitudu výchylky, fázi, úhlovou frekvenci, frekvenci a periodu.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### PRACOVNÍ LIST 3

### KMITAVÝ POHYB

#### Příklad 6:

Vypočítejte frekvenci harmonického kmitavého pohybu hmotného bodu, jestliže za 0,1 s po průchodu rovnovážnou polohou byla jeho výchylka rovna polovině amplitudy výchylky. Počáteční fáze kmitavého pohybu je nulová.

#### Příklad 7:

Vypočítejte okamžitou výchylku harmonického pohybu v čase  $t = 0$  s a v čase  $t = 1/4$  s. Amplituda výchylky je 10 cm a počáteční fáze je  $\pi/6$  rad.

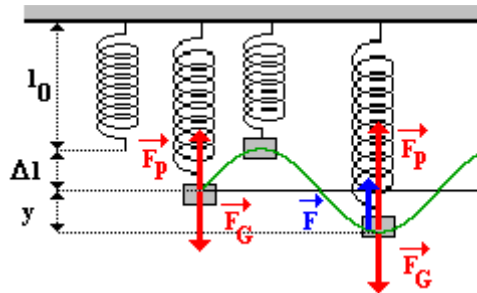
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Dynamika harmonického pohybu

- Na těleso v **rovnovážné poloze** působí tíhová síla  $F_G = m \cdot g$  a opačným směrem síla pružnosti  $F_p = k \cdot y$ . Síly mají stejnou velikost.

$k$  ... **tuhost pružiny**

jednotka tuhosti:  $N \cdot m^{-1}$



Zdroj obr: [http://fyzika.jreichl.com/main\\_article/view/182-kmitani-zpusobene-silou-pruznosti](http://fyzika.jreichl.com/main_article/view/182-kmitani-zpusobene-silou-pruznosti)

- Těleso uvedeme **do pohybu**  $\Rightarrow$  tíhová síla zůstává stejná, síla pružnosti se mění. Na oscilátor působí výsledná síla  $\vec{F} = \vec{F}_G + \vec{F}_p$
- Harmonické kmitání mechanického oscilátoru je způsobené silou  $F = -ky$ . Její velikost je přímo-úměrná okamžité výchylce a v každém okamžiku směřuje do rovnovážné polohy.

#### Poznámka:

Hmotnost tělesa  $m$  a tuhost pružiny  $k$  jsou parametry pružinového oscilátoru. Pružina má tím větší tuhost, čím větší sílu potřebujeme k jejímu prodloužení.

### Perioda a frekvence mechanického oscilátoru

- Vztah pro periodu vlastního kmitání:  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

- Vztah pro frekvenci vlastního kmitání:  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\sqrt{\frac{k}{m}} = \omega_0$  je úhlová frekvence volně kmitajícího mechanického oscilátoru.

*Perioda a frekvence volně kmitajícího oscilátoru závisí jen na hmotnosti mechanického oscilátoru a na tuhosti pružiny.*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 4

DYNAMIKA KMITAVÉHO POHYBU

Úloha 1:

Určete, jak se změní perioda harmonického kmitání závaží na pružině, jestliže

- hmotnost závaží dvakrát zmenšíme
- tuhost pružiny zvětšíme na čtyřnásobek

---

---

Úloha 2:

Určete, jak se změní frekvence harmonického kmitání závaží na pružině, jestliže zmenšíme čtyřikrát tuhost pružiny i hmotnost závaží.

---

---

Úloha 3:

Určete, jak by se změnila frekvence kmitání závaží na pružině, kdybychom přenesli pružinu se závažím na Měsíc. Tíhové zrychlení na Měsíci je přibližně 6 krát menší než na povrchu Země.

---

---

Úloha 4:

Určete, ve kterých polohách má těleso kmitající na pružině

- nejmenší kinetickou a nejmenší potenciální energii
- největší kinetickou a největší potenciální energii

---

---

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### PRACOVNÍ LIST 5

#### DYNAMIKA KMITAVÉHO POHYBU

Příklad 1:

Těleso o hmotnosti 0,1 kg zavěsíme na pružinu, která se protáhne o 2 cm. Určete, s jakou periodou a frekvencí bude toto těleso kmitat.

Příklad 2:

Na pružinu zavěsíme závaží o hmotnosti 1 kg. Pružina se prodlouží o 4 cm. Určete periodu kmitání a tuhost pružiny.

Příklad 3:

Vypočtete dobu kmitu a frekvenci mechanického oscilátoru, je-li hmotnost zavěšeného tělesa 9 kg a tuhost pružiny je 81 N/m.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

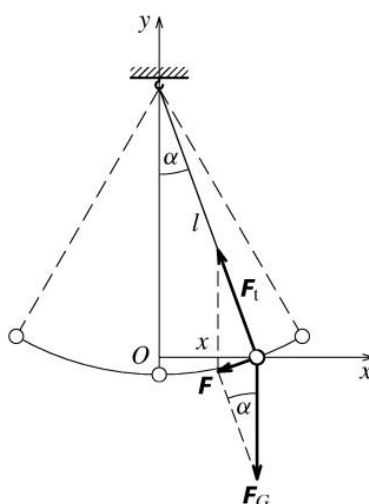
**MATEMATICKÉ KYVADLO**

- Je hmotný bod zavěšený na nehmotném závěsu.  
Za matematické kyvadlo můžeme přibližně považovat malou těžší kuličku zavěšenou na tenké pevné niti. Hmotnost niti je zanedbatelná vzhledem k hmotnosti kuličky.
- V následujících úvahách se omezíme na výchylky  $\alpha < 5^\circ \Rightarrow$  oblouk, po němž se kulička pohybuje, můžeme považovat za úsečku. Dále zanedbáme tření a odpor vzduchu.
- V rovnovážné poloze na kyvadlo působí tíhová síla  $F_G$ , která je v rovnováze s tahovou silou  $F$  napjatého vlákna (síla, kterou působí vlákno závěsu na kuličku). Síly mají stejnou velikost, opačný směr.



Zdroj obr: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kyvadlo>

- Kuličku vychýlíme z rovnovážné polohy o úhel  $\alpha \Rightarrow$  kyvadlo začne vykonávat kmitavý pohyb. Pohyb kyvadla způsobuje síla  $F$ , která je výslednicí tíhové síly  $F_G$  a tahové síly  $F_t$ . Tato síla směřuje neustále do rovnovážné polohy.



Zdroje obr: [http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT\\_html/G3/kap5/5-7.htm](http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT_html/G3/kap5/5-7.htm)

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

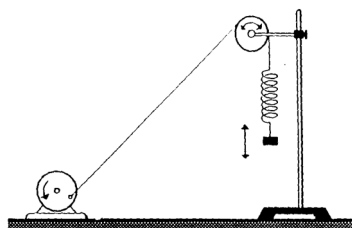
- Vztah pro periodu (doby kmitu) pohybu matematického kyvadla:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
- Vztah pro frekvenci pohybu matematického kyvadla:  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$
- Perioda a frekvence kmitání kyvadla nezávisí na hmotnosti tělesa. Závisí jen na délce závěsu a velikosti tíhového zrychlení v daném místě.
- Doba kyvu se rovná polovině doby kmitu:  $\tau = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

**Poznámka:**

V praxi se používají kyvadla fyzická. Můžeme si je představit jako množinu velkého množství matematických kyvadel různých délek, které tvoří jeden celek.

**NUCENÉ KMITÁNÍ MECHANICKÉHO OSCILÁTORU**

- Aby se amplituda kmitání oscilátoru nezměňovala, musíme oscilátoru dodávat energii (z vnějšího zdroje), ta nahradí ztrátu energie způsobenou tlumením. Jde o **nucené** kmitání, které je **netlumené**.



Zdroj obr: [http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke\\_kmitani\\_a\\_vlneni](http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke_kmitani_a_vlneni)

- Má-li být nucené kmitání oscilátoru harmonické  $\Rightarrow$  vnější síla působící na oscilátor musí mít harmonický průběh  $\Rightarrow$  mění se s časem podle vztahu  $F = F_m \cdot \sin \omega t$ . Ztráty se musí nahrazovat v průběhu celé periody nepřetržitým působením této vnější síly  $F$ . Úhlová frekvence  $\omega$  vnějšího působení může být odlišná od úhlové frekvence  $\omega_0$  vlastního kmitání oscilátoru.
- **Perioda** nuceného kmitání odpovídá periodě vnějšího působení na oscilátor. **Amplituda** výchylky nuceného kmitání se mění s frekvencí vnější síly. Nejvíce se oscilátor rozkmitá, jestliže frekvence vnějšího působení je přibližně stejná jako frekvence vlastního kmitání.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Rezance oscilátoru

- jestliže se úhlová frekvence  $\omega$  velmi liší od úhlové frekvence  $\omega_0 \rightarrow$  účinek vnější síly na amplitudu je velmi malý
- jestliže se úhlová frekvence  $\omega$  blíží úhlové frekvenci  $\omega_0 \rightarrow$  amplituda výchylky nuceného kmitání se postupně zvětšuje
- je-li  $\omega = \omega_0 \rightarrow$  amplituda výchylky nuceného kmitání dosáhne své největší hodnoty, jde o rezanci oscilátoru
- frekvence vnější síly, při níž nastává rezance, je **rezonanční frekvence**
- **význam rezance:**
  - rezonanční zesílení kmitů – malou, periodicky působící silou můžeme vzbudit kmitání o značné amplitudě (malou silou můžeme například rozhoupat i velmi těžký zvon)
  - u hudebních nástrojů (kmitání struny kytary se přenáší na celé těleso kytary a dochází k rezonančnímu zesílení zvuku)
  - reprodukováná hudba je značně zesilována rezonančními skříněmi, v nichž jsou zabudovány reproduktorové soustavy
- **nepříznivé důsledky rezance** – dochází k rozkmitání celého stroje, jehož části se otáčejí  $\Rightarrow$  rezanci je nutno brát v úvahu:
  - při chodu strojů, které konají otáčivý
  - při konstrukci dílenských hal, do nichž jsou stroje umísťovány
  - při konstrukci trupů a nosných ploch letadel, které se nesmí dostat do rezance s kmitáním vyvolaným chodem motorů
- **jak předcházet nepříznivým důsledkům rezance**
  - použití tlumičů kmitání
  - upravení vlastní frekvence kmitání zařízení tak, aby se lišila od frekvence sil, které kmitání vynucují
  - zvětšení tření zařízení

### Úloha:

Uveďte příklady rezance z běžného života.

---

---

---

---

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### MECHANICKÉ VLNĚNÍ

#### PODSTATA VLNĚNÍ

- S mechanickým vlněním se běžně setkáváme, jde například o vlny na vodní hladině, zvukové vlny a seizmické vlny.
- Mechanické vlnění je děj, při kterém se kmitání šíří látkovým prostředím do okolí. Šíří se látkami všech skupenství. Šíření vln není spojeno s přenosem látky, vlněním se však přenáší energie.
- Kmitání jedné částice se přenáší na další částici.

#### DRUHY VLNĚNÍ

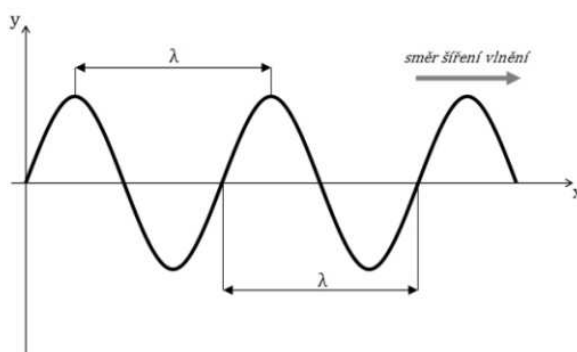
##### POSTUPNÉ VLNĚNÍ:

- Pro zjednodušení budeme uvažovat šíření vlnění v řadě kmitajících bodů. Toto vlnění můžeme demonstrovat pomocí **vlnostroje**.
- Mechanické vlnění se v různých prostředích šíří různou rychlostí  $v \Rightarrow$  vlnění má i různou vlnovou délku. Frekvence vlnění se nemění.
- Za dobu  $T$  se kmitání rozšíří do vzdálenosti  $\lambda$ .  
Platí pro ni:  $\lambda = v \cdot T$        $T$  ... doba kmitu

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$f$  ... frekvence kmitavého pohybu jednotlivých bodů

- Vlnová délka  $\lambda$  je vzdálenost dvou nejbližších bodů řady, které kmitají se stejnou fází.

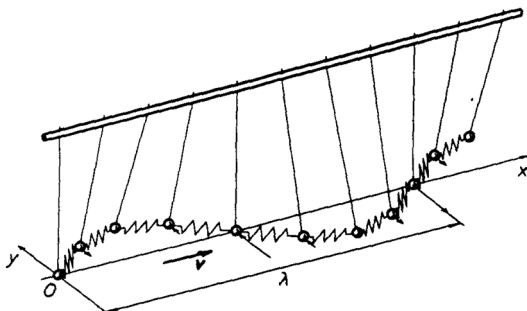


Zdroj obr: [http://www.sbirkaprikladu.cz/sbirka\\_prikladu/mechanicke\\_kmitani\\_a\\_vlneni/](http://www.sbirkaprikladu.cz/sbirka_prikladu/mechanicke_kmitani_a_vlneni/)

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Postupné vlnění příčné:

- body kmitají kolmo ke směru šíření vlnění
- příčnou vlnu tvoří vrch a důl

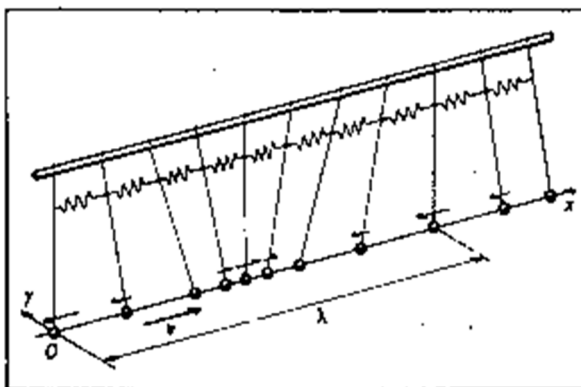


Zdroj obr: [http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke\\_kmitani\\_a\\_vlneni/mechanicke\\_vlneni/vznik\\_a\\_druhy\\_vlneni.htm](http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke_kmitani_a_vlneni/mechanicke_vlneni/vznik_a_druhy_vlneni.htm)

- příklady příčného vlnění:  
vlnění na hladině vody  
vlnění na provaze nebo gumové hadici, jejíž jeden konec rozkmitáme  
vlnění na struně
- vzniká v pružných tělesech pevného skupenství, například v pružné tyči

### Postupné vlnění podélné:

- body kmitají ve směru šíření vlnění
- dochází ke zhušťování a zředování kmitajících bodů
- podélnou vlnu tvoří jedno zhuštění a jedno zředění



Zdroj obr: [http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat\\_fyz/externi/kat\\_fyz\\_0658/LEKCE/lekce03.htm](http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat_fyz/externi/kat_fyz_0658/LEKCE/lekce03.htm)

- vzniká v tělesech všech skupenství
- zvuk se šíří podélným vlněním

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Rovnice postupné vlny:**

- Pro okamžitou výchylku bodu v čase  $t$  ve vzdálenosti  $x$  od zdroje vlnění platí:

$$y = y_m \cdot \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \dots \text{ je fáze vlnění}$$

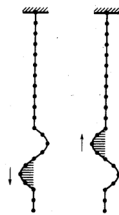
**Poznámka:** Kdyby vlnění postupovalo opačným směrem (záporným směrem vzhledem k ose  $x$ ), pak by ve výrazu pro fázi bylo znaménko plus.

- Výchylka bodu je funkcí času a polohy bodu.
- Rovnice platí pro příčné i podélné netlumené vlnění v homogenním prostředí.

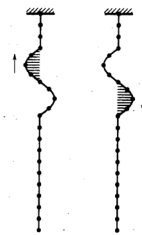
**ODRAZ VLNĚNÍ V ŘADĚ BODŮ**

- Uvažujme vlnění v řadě bodů. Pokud vlnění dorazí na konec řady, nastává odraz vlnění. Může dojít ke dvěma možným způsobům odrazu:

- Na pevném konci se vlnění odráží s opačnou fází.



- Na volném konci dochází k odrazu vlnění se stejnou fází.



Zdroje obr:

[http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke\\_kmitani\\_a\\_vlneni/mechanicke\\_vlneni/odraz\\_vlneni\\_v\\_rade\\_bodu\\_stojate\\_vlneni.htm](http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke_kmitani_a_vlneni/mechanicke_vlneni/odraz_vlneni_v_rade_bodu_stojate_vlneni.htm)



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

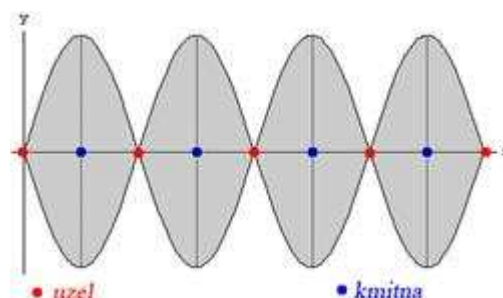
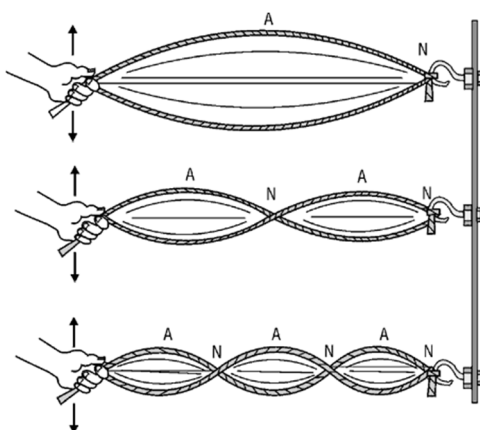
### STOJATÉ VLNĚNÍ

- Složením přímého a odraženého vlnění vzniká stojaté vlnění.
- Jednotlivé body kmitají harmonicky s různou amplitudou, některé body dokonce zůstávají trvale v klidu.
- Body, které kmitají s maximální amplitudou, se nazývají **kmitny**.  
Body, které kmitají s nulovou amplitudou a jsou trvale v klidu, se nazývají **uzly**.  
Poloha kmiten a uzlů se nemění.

Vzdálenost dvou nejbližších kmiten je  $\frac{\lambda}{2}$ .

Vzdálenost dvou nejbližších uzlů je také  $\frac{\lambda}{2}$ .

Vzdálenost kmitny a nejbližšího uzlu je  $\frac{\lambda}{4}$ .



Zdroje obr: <http://wdict.net/word/standing+wave/>

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni>

- **Rozdíly mezi postupným a stojatým vlněním:**

#### Postupné vlnění:

- všechny body kmitají se stejnou amplitudou, ale s různou fází
- každý následující bod dosahuje stejné výchylky později než bod předcházející
- postupným vlněním se přenáší energie

#### Stojaté vlnění:

- všechny body mezi dvěma uzly kmitají se stejnou fází, ale s různou amplitudou
- stojatým vlněním se energie nepřenáší

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Druhy stojatého vlnění:
  - **příčné stojaté vlnění** – je zdrojem zvuku u strunných nástrojů
  - **podélné stojaté vlnění** – je zdrojem zvuku u dechových nástrojů

Odkazy na video:

<http://www.youtube.com/watch?v=4BtI5lvFIWA>

<http://www.youtube.com/watch?v=2OdJSW8GzsA>

[http://fyzika.jreichl.com/main.article/video/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni?file=mkv\\_vlneni\\_odraz\\_volny\\_konec.wmv](http://fyzika.jreichl.com/main.article/video/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni?file=mkv_vlneni_odraz_volny_konec.wmv)

[http://fyzika.jreichl.com/main.article/video/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni?file=mkv\\_vlneni\\_odraz\\_pevny\\_konec.wmv](http://fyzika.jreichl.com/main.article/video/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni?file=mkv_vlneni_odraz_pevny_konec.wmv)

[http://fyzika.jreichl.com/main.article/video/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni?file=mkv\\_vlneni\\_stojate.wmv](http://fyzika.jreichl.com/main.article/video/168-odraz-vlneni-v-rade-bodu-stojate-vlneni?file=mkv_vlneni_stojate.wmv)

### ZVUKOVÉ VLNĚNÍ

- Zvuk je mechanické vlnění, které vnímáme sluchem.
- Frekvence vlnění, které je člověk schopen vnímat, leží v intervalu přibližně 16 Hz až 20 000 Hz a jsou individuální.  
Mechanické vlnění s frekvencí nižší než 16 Hz nazýváme **infrazvuk**, s frekvencí vyšší než 16 kHz nazýváme **ultrazvuk**.
- Vlastnostmi zvuku a jeho šířením se zabývá akustika.
- Zvuk, který má neperiodický průběh, je hluk (bouchnutí, hřmění, praskot, ale také souhlásky).  
Periodické zvuky jsou zvuky hudební (vydávají je hudební nástroje a ladičky, mezi hudební zvuky patří i samohlásky).

#### Zdroje zvuku:

- tělesa, v nichž vzniká stojaté vlnění neboli chvění těles, které se přenáší do okolního prostředí
- kmitání hlasivek (lidský hlas)
- kmitání strun (kytara, housle, klavír)
- kmitání vzduchového sloupce (píšťala, flétna, hoboj)
- kmitání membrán (bubny)
- kmitání tyček (xylofon)
- ladičky jsou zdrojem nejjednoduššího zvuku
  - ✚ používají se při ladění hudebních nástrojů
  - ✚ jejich chvění vyvoláme úderem do jednoho z ocelových ramen
  - ✚ zvuk ladičky se rezonancí zesílí, jestliže je upevněna na rezonanční skříňce
  - ✚ kmitá harmonicky s konstantní frekvencí



Zdroj obr: <http://www.helago-cz.cz/product/ladicka-440-hz-na-rezonancni-skrince/>

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Šíření zvuku:

- v plynech a kapalinách se zvuk šíří jako podélné vlnění
- v pevných látkách se šíří vlněním podélným i příčným
- **ve vzduchu se zvuk šíří jako podélné postupné vlnění**
- **zvuk se šíří jen v pružném prostředí**

### Rychlost zvuku:

- závisí **na prostředí**, kterým se zvuk šíří:
  - ✚ ve vzduchu se zvuk šíří při běžných teplotách rychlostí přibližně  $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
  - ✚ v kapalinách je rychlost zvuku větší, nejrychleji se zvuk šíří v pevných látkách
  - ✚ ve vodě je rychlost zvuku  $1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $25^\circ\text{C}$ )  
v betonu  $1700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   
v oceli  $5200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- závisí také **na teplotě**:
  - ✚ pro rychlost zvuku ve vzduchu v závislosti na teplotě platí:
$$v_t = (331,82 + 0,61 \{t\}) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
$$t \dots \text{teplota vzduchu ve stupních Celsia}$$

### Vlastnosti zvuku:

#### Výška tónu:

- je určena frekvencí kmitání zdroje zvuku
- čím větší je frekvence, tím vyšší je tón

#### Barva tónu:

- umožňuje rozlišit dva tóny stejné výšky, například z různých hudebních nástrojů
- čím větší je frekvence, tím vyšší je tón

#### Hlasitost a intenzita zvuku:





- zvuk se šíří stlačováním vzduchu  $\Rightarrow$  velikost změn tlaku vzduchu, které zvukové vlnění vyvolává, je důležitá pro stanovení hlasitosti
- zavádějí se dvě hranice intenzity zvuku:  
**práh slyšení** – nejmenší intenzita, při níž zvuk vnímáme  
**práh bolesti** – zvuky větších intenzit než je práh bolesti, mohou v uchu vyvolat bolestivý pocit
- pro vyjádření úrovně intenzit různých zvuků byla vytvořena zvláštní stupnice s jednotkou bel (decibel)  
prahu slyšení odpovídá úroveň hlasitosti 0 dB  
prahu bolesti odpovídá úroveň hlasitosti 120 dB

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Infrazvuk:

- je mechanické vlnění, které má frekvence menší než 16 Hz
- lidské ucho infrazvuk nevnímá
- dobře se šíří ve vodě
- kmity budov vyvolané těžkými dopravními prostředky
- vnímají ho některá zvířata, například:
  - sloni
  - koně
  - velryby
  - nosorožci
  - medúzy
- při frekvencích blízkých frekvenci tlukotu srdce, je pro lidský organismus škodlivý

### Ultrazvuk:

- je mechanické vlnění, které má frekvence větší než 20 kHz
- lidské ucho ultrazvuk nevnímá
- některá zvířata ho vnímají, například:
  - psi
  - netopýři
  - delfíni
- využití ultrazvuku:
  -  v lékařství
  -  zjišťování skrytých vad materiálů (ultrazvuková defektoskopie)
  -  měření hloubek v moři pomocí ozvěny ultrazvuku
  -  čištění součástek

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### PŘÍKLADY NA PROCVIČENÍ

- 1) Harmonické kmitání oscilátoru je popsáno rovnicí  $y = 8 \cdot 10^{-2} \sin 4\pi \cdot t$ . Určete amplitudu a frekvenci oscilátoru.
- 2) Napište rovnici harmonického kmitání, je-li amplituda 5 cm a perioda kmitání 0,5 s.
- 3) Na pružinu bylo zavěšeno závaží o hmotnosti 1 kg a tím se pružina prodloužila o 1,5 cm. Určete frekvenci vlastního kmitání oscilátoru.
- 4) Vypočítejte periodu kmitavého pohybu závaží o hmotnosti 2,5 kg zavěšeného na pružině, která se působením síly o velikosti 30 N prodlouží o 9 cm.
- 5) Ve skleněné tyči se šíří zvukové vlnění rychlostí  $5200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Určete vlnovou délku zvukového vlnění o frekvenci 1 kHz.
- 6) Zvuk odražený od skály slyšíme za 3 s. Zjistěte, jak daleko od nás je skála.
- 7) Postupné vlnění je popsáno rovnicí  $y = 0,02 \sin 12\pi \cdot \left(t - \frac{x}{6}\right)$ . Vypočtete délku vlny.
- 8) Určete vzdálenost dvou sousedních uzlů stojatého vlnění, které vzniklo interferencí dvou vln periody  $21 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ . Velikost fázové rychlosti postupného vlnění je  $1425 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam použité literatury a internetových zdrojů:

- E. SVOBODA, F. BARTÁK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro technické obory. SPN, 1989.  
O. LEPIL, M. BEDNAŘÍK, R. HÝBLOVÁ R: Fyzika II pro SŠ. Prometheus 2001.  
K. BARTUŠKA K: Sbirka řešených úloh z fyziky II. Prometheus 1997.  
M. BEDNAŘÍK, E. SVOBODA, V.KUNZOVÁ: Fyzika II pro studijní obory SOU, SPN, 1988  
K. BARTUŠKA K, E. SVOBODA: Fyzika pro gymnázia Mechanické kmitání a vlnění. Prometheus 2004  
V. KOHOUT: Fyzika zásobník úloh pro SŠ. Scientia, spol.s r.o., 2006

<http://www.ddp.fmph.uniba.sk>

<http://lac.karlov.mff.cuni.cz>

<http://www.oskole.sk>

<http://fyzika.jreichl.com>

<http://cs.wikipedia.org>

<http://kvinta-html.wz.cz>

<http://www.sbirkaprikladu.cz>

<http://eamos.pf.jcu.cz>

<http://wdict.net/word/standing+wave/>

<http://www.youtube.com>

<http://www.helago-cz.cz>