

#### 4.1.4 Vlnění

**Předpoklady:** 040103

**Pomůcky:** kladívko, imbus (velký), ocelová kulička, držák, vlnostroj, dvojice závaží spojených nití

V minulé hodině jsme si ukazovali přenášení energie z jednoho kyvadla na druhé. Tento přenos můžeme urychlit tím, že mezi obě kyvadla natáhneme provázek, na který pověsíme závaží. Vytvoříme tak pouto – vazbu, která urychlí předávání energie mezi kyvadly (ve skutečnosti přidáme druhou vazbu – první vazbou byl samotný závěs, přes který se přenášelo kmitání od začátku).

V přírodě se vyskytuje velké množství oscilátorů, spíše zřídka jsou osamocené, daleko častěji se vyskytují ve skupinách svázaných vazbou.

Pěkným případem toho, jak se chovají oscilátory svázané vazbou je pružina SLINKY.

**Př. 1:** Pozoruj, jak se chová pružina, když vychýlíme jeden ze závitů.

Když vychýlíme jeden ze závitů, vychýlí se postupně i ostatní (první závit se přiblíží k druhému, ten před ním uhne a tím se přiblíží ke třetímu, třetí uhne před druhým a tím se přiblíží ke čtvrtému, ....

Děj, při kterém si vazbou svázané oscilátory předávají energii kmitavého pohybu a tím se kmitání šíří do prostoru, označujeme jako vlnění.

**Př. 2:** Najdi jiné příklady vlnění.

- Vlnky na vodě: hodíme do vody předmět, v místě dopadu se rozkmitá hladina vody a toto kmitání se po hladině šíří do stran.
- Zvuk: kmitající předmět (například struna) rozkmitá vzduch, kmitání vzduchu se šíří až k našemu uchu.
- Zemětřesení: při pohybu v zemské kůře se šíří energie a do dalších míst, kde se zem také hýbá.

Do vlnění patří také světlo a všechny druhy elektromagnetických záření, které dnes používáme k přenosu různých druhů informací (televize, rádio, mobily, ...).

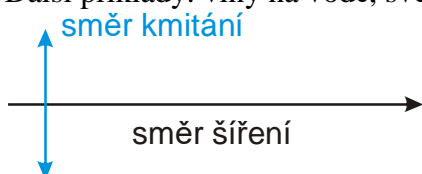
**Př. 3:** Pozoruj různé způsoby vytváření vln na pružině. Kolik různých druhů vlnění můžeme na pružině vytvořit? Čím se tyto druhy vyznačují?

Při pokusu se měnila rychlost i velikost kmitání

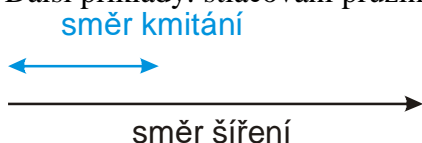
**Pedagogická poznámka:** Nepředvádím jenom příčné a podélné vlny, předvádím i rychlejší a pomalejší vlnění s různě velkými amplitudami. Uvědomit si rozdíl mezi oběma druhy vlnění pro žáky není příliš těžké, ale vyjádřit ho očekávaným způsobem je docela problém.

Dva druhy vlnění:

- Konec pružiny rozkmitáváme kolmo na její osu  $\Rightarrow$  závity pružiny kmitají kolmo (příčně) na směr šíření  $\Rightarrow$  **příčné vlnění**.  
Další příklady: vlny na vodě, světlo, ...



- Konec pružiny stlačujeme a natahujeme ve směru její osy  $\Rightarrow$  závity pružiny kmitají ve stejném směru, v jaké se vlnění šíří  $\Rightarrow$  **podélné vlnění**.  
Další příklady: stlačování pružiny.



**Pedagogická poznámka:** Veličiny popisující vlnění demonstruji na gumě do bundy (oficiální označení ve švadlenkách) natažené přes celou šířku třídy (využívám ji pak ještě jednou pro demonstraci stojatého vlnění). Natažením se dá snadno a zřetelně demonstrovat rychlost šíření, což je na pružině poměrně obtížné.

**Př. 4:** Sleduj různá vlnění na gumě. O jaký druh vlnění jde. Čím se tato vlnění mezi sebou liší? Jaké veličiny tyto rozdíly popisují?

Jde o příčná vlnění (vlnění se pohybu po gumě vodorovně, výchylku vytváříme rukou ve svislém směru kolmo na směr šíření).

Rozdíly:

- rychlost pohybu ruky ve svislém směru při rozkmitávání gumy  $\Rightarrow$ 
  - **perioda**  $T$  [s] (doba, za kterou rukou vykonáme jeden pohyb),
  - **frekvence**  $f$  [Hz] (počet pohybů ruky za jednu sekundu),
- velikost pohybu ruky ve svislém směru (jak moc se ruka na obě strany vychýlí z původní polohy)  $\Rightarrow$ 
  - **maximální výchylka**  $x$  [m],
- rychlost s jakou jede po gumě rukou vytvořená vlna (na napjatější gumě se pohybuje rychleji)  $\Rightarrow$ 
  - **rychlost šíření vlnění**  $v$  [m/s],
- délka vlny, která se na gumě udělá, kvůli tomu, že ji rukou vychýlíme a vychýlení se po gumě pohybuje  $\Rightarrow$ 
  - **vlnová délka**  $\lambda$  [m] (řecké písmeno „lambda“).

**Př. 5:** Se kterými dalšími veličinami souvisí vlnová délka? Odvod' vztah pro její výpočet z těchto veličin.

Vlnová délka souvisí s:

- periodou (pokud kmitám rukou pomaleji, je vlna delší),
- rychlostí šíření (pokud je guma napjatější a vlnění se šíří rychleji, jsou vlny delší),

⇒ zřejmě platí  $\lambda = vT$  (klasický vzorec pro dráhu rovnoměrného pohybu).

**Př. 6:** Silnější šestihranný klíč (inbus) upneme do svěráku, k jednomu konci umístíme kuličku na závěsu (kyvadlo), tak aby se inbusu dotýkala. Kladivem uhodíme do druhého konce, kulička uskočí. Vysvětli.

Kladivo pohne s materiálem inbusu (stejně jako když pohneme prvním závitem pružiny), impuls se přenáší materiálem až na druhý konec, kde š'ochne do kuličky, která odskočí od klíče pryč.

**Pedagogická poznámka:** Realizačně nenáročný pokud s velkým ohlasem. Určitě ho ukažte.

**Př. 7:** Jaký druh vlnění jsme předchozím postupem demonstrovali? Který ze známých přírodních jevů tímto pokusem napodobujeme?

Kulička se odrazila ve směru osy inbusu ⇒ materiál inbusu jsme rozkmitali ve směru šíření vlnění ⇒ šlo o podélné vlnění.

Pokud trochu napodobuje zemětřesení: v místě úderu kladivem jsme stlačili „zemskou kůru“ a tento impuls kůrou šíří až k „městu“, kde boří domy.

**Pedagogická poznámka:** Sestrojení vlnostroje z gumových medvídků, špejlí a obyčejné izolepy o délce 5 m trvá ve třech lidech cca 60 minut. Na obyčejnou izololepu položenou na zemi jsme po 5 cm rozestavili špejle, poté jsme izolepu přilepily z druhé stranu ještě jednou vrstvou (nejnáročnější část výroby), medvídky jsme na konce špejlí umísťovali až po zavěšení. Jediným problémem je nutnost kupovat pokaždé nové medvídky (v našem případě 7 pytlíků, které škola odmítla proplatit a bohužel se na ně nepodařilo vybrat ani mezi dětmi, které je po demonstraci snědly). Možným řešením by mohlo být nakoupení levných malých gum (ty by škola proplatila) a použití tvrdších špejlí (během očesávání se asi tři špejle zlomily).

Vlnostroj

<https://www.youtube.com/watch?v=qUohelhrt18>

Machovo kyvadlo

<https://www.youtube.com/watch?v=qtPY0xybDVw>

<https://www.youtube.com/watch?v=xt5q3UOfG0Y>

**Žáci přinesou příště:**

**Shrnutí:** Pokud se kmitání šíří hovoříme o vlnění.