

ZVUKOVÉ JEVY



Tvar listové pružiny mají i části některých hudebních nástrojů (foukací i tahací harmonika, hoboj, ...).



Kmitavý pohyb může vykonávat každé těleso, působíme-li na něj silou, jejíž směr se mění. Může proto kmitat pila při řezání, hoblík, pilník, ... Přestane-li ale na tato tělesa působit síla, kmitavý pohyb ustane.

Otázky a úkoly

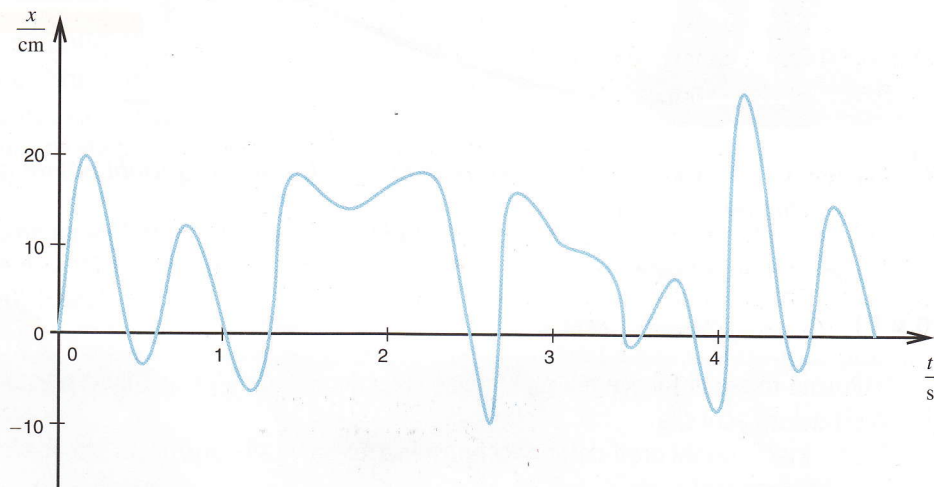


- 1 Pružná tělesa stejného tvaru a velikosti se mohou lišit velikostí pružné síly, která vzniká při deformaci o stejnou výchylku. Závísí to na látce, z níž jsou tělesa. Seřaď následující pružná tělesa stejné velikosti podle rostoucí síly pružnosti při stlačení o 1 mm:
hopík, molitanový míček, ocelová koule, tenisový míček.
- 2 Liší se délka pružiny v rovnovážném stavu, když je položena na stole a když je zavěšena svisle? Pokud ano, čím je to způsobeno?
- 3 Proč se skokanka na trampolíně nedostane hned při prvním skoku do největší výšky?

Kmitavý pohyb

Pozoruj děti na houpačce. Jejich pohyb není posuvný. Můžeme říci, že je otáčivý, ale má jednu zvláštnost: trajektorii je část kružnice (oblouk), děti se na něm ale nepohybují stále stejnou rychlostí. Největší rychlost mají v nejnižší poloze, v nejvyšších polohách se na chvíli zastaví. Mění se nejen velikost, ale i směr rychlosti. Pohyb se opakuje. Podobně se pohybují křídla ptáků a hmyzu při letu, kyvadlo hodin, pračka při odstředování, ...

Koruna stromu se ve větru pohybuje. Kdybychom pomocí zpomaleného filmu zaznamenávali výchylku konce nějaké větve od rovnovážné polohy, získali bychom například časový průběh podle obrázku. Podle směru vychýlení přisuzujeme výchylce x znaménko + nebo -.



Z grafu vidíme, že výchylka opakovaně roste a klesá. Takovým pohybům říkáme **kmitavé pohyby**. Děj označujeme slovem **kmitání**. Pro kmitání je typické, že rychlost neustále mění svůj směr.



Odůvodni, proč jsou pohyby uvedených těles kmitavé: míček skákající na podlaze, křídla motýla při letu, ruční pila při řezání, vesla lodi při sportovních závodech.

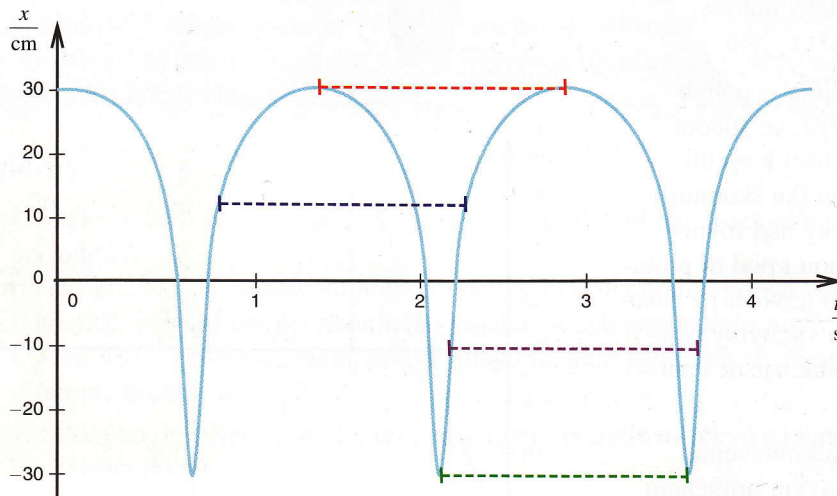
U některých kmitavých pohybů můžeme pozorovat v časovém průběhu výchylky pravidelné opakování. Takové pohyby nazýváme **periodické kmitavé pohyby**.



Oblíbená hračka dětí i dospělých na celém světě je jojo. Možná ho máš doma. Pokud ne, můžeš si ho vyrobit ze dřeva podle obrázku. Na prostřední kotouč přilep jeden konec pevné nitě nebo provázku délky asi 60 cm. Na druhém konci nitě udělej očko. Nit natoč na prostřední kotouč. Navlékni očko na prst a pusť jojo. Vhodnými pohyby ruky dosáhneš toho, že se jojo pohybuje nahoru a dolů.



Pohyb joja je pohybem kmitavým. Příklad časového průběhu výchylky od střední polohy je na následujícím grafu. Jiná joja mohou mít průběh odlišný.



Vidíme, že průběh výchylky našeho joja se opakuje přibližně po 1,5 sekundě. Na obrázku je tato doba vyznačena barevnými čárkovanými úsečkami. Samozřejmě se průběh opakuje i po 3 sekundách, po 4,5 sekundách, ...

Nejkratší doba, za kterou se opakuje časový průběh výchylky, se nazývá **perioda**. Označuje se velkým písmenem T a její jednotkou je sekunda.

U rychlých periodických pohybů je perioda velmi malá. Proto je výhodnější užívat veličinu, která popisuje, kolik period proběhne za jednu sekundu. Tato veličina se nazývá **frekvence**, označuje se malým písmenem f a její jednotkou je hertz [herc] se značkou Hz. Často se používá i kilohertz (kHz) a megahertz (MHz).

Mezi periodou a frekvencí platí vzorec:

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

Z prvního vzorce je vidět, že $1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$.



Vypočti frekvenci pohybu jehly šicího stroje, je-li perioda 0,1 s.



Jednotka hertz byla pojmenována na počest významného fyzika Heinricha Hertze (1857–1894).

Pro frekvenci se používá také české slovo kmitočet.

V následující tabulce jsou frekvence křídel různých živočichů při letu.

živočich	f Hz
komár	600
včela	250
moucha	200
čmelák	150
motýl	5
kolibřík	200
vrabec	15
husa	2

ZVUKOVÉ JEVY



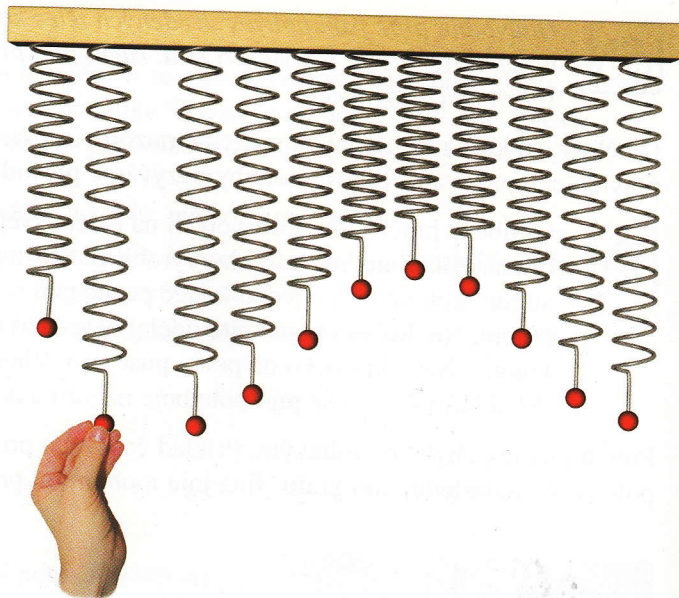
Srdce vykonává celý život kmitavý pohyb. Poznáme to poslechem, ale i hmatem na tepnách. Pojmeme tepová frekvence nebo zkráceně tep se označuje počet úderů srdce za 1 minutu. Ve spánku je tep například 60 úderů za minutu. Srdce proto kmitá s frekvencí 1 Hz. Při námaze může stoupnout frekvence až na 3 Hz.

Křivka, která popisuje harmonický kmitavý pohyb, se nazývá sinusoida (je-li počáteční výchylka nulová), nebo kosinusoida (je-li počáteční výchylka rovna amplitudě).

Ladička, která se používá k přesnému ladění hudebních nástrojů, je obvykle tvořena dvěma spojenými raménky. Rozkmitá se úderem gumového kládka.



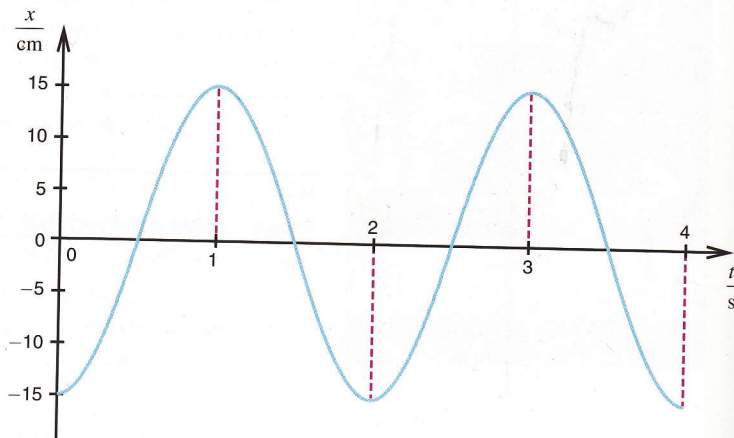
Upevní pružinu jedním koncem k pevnému rámu. Na druhý konec pružiny zavěsí kuličku (nebo závaží). Kulička natáhne pružinu a ustálí se v rovnovážné poloze, jak je vidět na obrázku. Tíhová síla působící na kuličku je vyrovnána silou pružnosti natažené pružiny. Zatáhne za kuličku a pustí ji. Kulička začne kmitat kolem rovnovážné polohy. Vidíme, že koná periodický kmitavý pohyb.



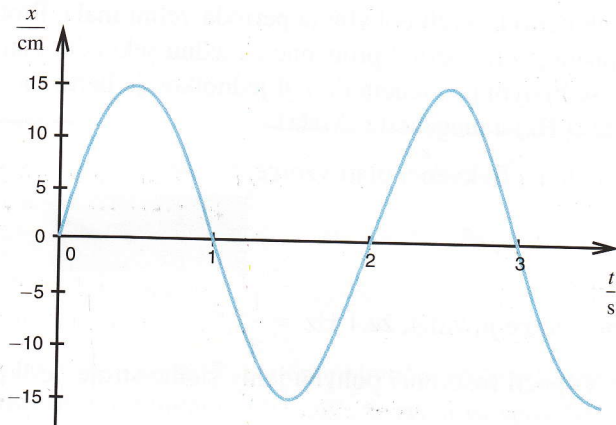
Na rozdíl od joja je pohyb kuličky ladnější, ve spodní poloze nedochází k rychlé změně pohybu (ke škusnutí). Pohyby kuličky nad rovnovážnou polohou i pod ní probíhají stejně. To je vidět i z časového průběhu výchylky. Z grafu můžeme zjistit i periodu: $T = 2$ s.

Periodickému kmitavému pohybu s časovým průběhem výchylky podle obrázku říkáme **harmonický kmitavý pohyb**.

Kromě jiného je pro tento pohyb typické, že největší výchylky na obě strany od rovnovážné polohy jsou stejné. Největší výchylka se označuje slovem **amplituda**. Na grafu je vyznačena čárkovanou úsečkou a je rovna 15 cm. V tomto případě je amplituda určena počáteční výchylkou kuličky.



Kuličku na pružině můžeme rozkmitat i jinak, například cvrnknutím zdola nahoru. Kulička bude opět kmitat harmonickým pohybem, časový průběh však bude posunut o čtvrtinu periody, jak ukazuje vedlejší obrázek.



ZVUKOVÉ JEVY



Perioda, se kterou kmitá závaží na pružině, závisí na vlastnostech pružiny a na hmotnosti závaží. Závaží s větší hmotností bude na stejné pružině kmitat s větší periodou.



Zopakuj pokus s plastovým pravítkem z minulé kapitoly. Polož pravítko na stůl tak, aby delší část přesahovala hranu stolu. Kratší část na stole přidrž rukou. Druhou rukou stlač volný konec a uvolni. Volný konec pravítka se rozkmitá. Jak závisí perioda kmitání na délce volného konce?

Shrnutí



Pohyby, při kterých výchylka opakovaně roste a klesá, se nazývají kmitavé pohyby. Kmitavé pohyby, při kterých se časový průběh výchylky pravidelně opakuje, jsou periodické kmitavé pohyby. Zvláštním případem jsou pohyby harmonické. Takovým pohybem je například kmitání závaží na pružině.

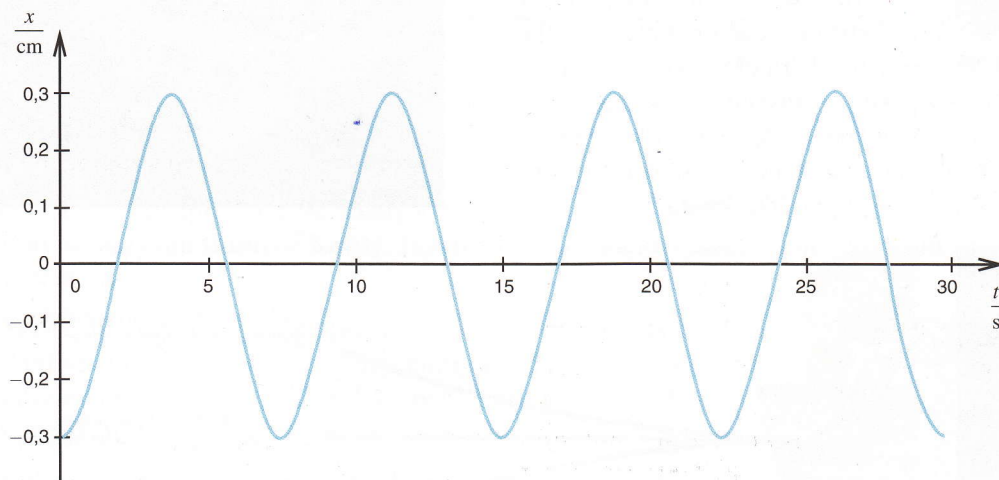
Nejkratší doba, za kterou se opakuje časový průběh výchylky, se nazývá perioda. Označujeme ji velkým písmenem T a její jednotkou je sekunda.

Počet period za jednu sekundu se nazývá frekvence, označuje se malým písmenem f a její jednotkou je hertz se značkou Hz.

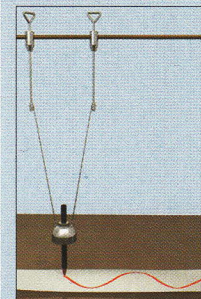
Otázky a úkoly



- 1 U následujících pohybů urči, zda jsou kmitavé. Pokud ano, rozhodni, zda jsou periodické:
pohyb kladiva při zatlukání hřebíku, pohyb kyvadla hodin, pohyb oštěpu při hodu v atletice, pohyb boty pochodujícího vojáka, pohyb automobilu po rovné silnici, kývání lustru při zemětřesení, pohyb míčku na gumovém vlákně, pohyb taktovky dirigenta orchestru.
- 2 Z časového průběhu výchylky urči amplitudu, periodu a frekvenci harmonického kmitavého pohybu.



- 3 V klidu člověk dýchá 12krát za minutu. Srdce mu bije tepem 72 úderů za minutu. Vypočti frekvenci a periodu pohybu hrudi a srdce.



Také pohyb kyvadla je harmonickým kmitavým pohybem. Když jej opatříme zapisovacím zařízením, rozkryjeme jej a táhneme pod ním pruh papíru, zobrazí se harmonický časový průběh.

Upevníme-li na konec raménka ladičky ostrý hrot, ladičku rozechvějeme a táhneme hrot po začazeném skličku, zobrazí se časový průběh výchylky raménka. Vidíme, že kmity ladičky jsou harmonické.

