

3.1.9 Nucené kmitání, rezonance

Předpoklady: 3108

Každé reálné kmitání je tlumené \Rightarrow pokud potřebujeme zachovat amplitudu kmitání, musíme dodávat energii.

Například: rozhoupávání houpačky vnější silou nebo změnami těžiště, kývaní kyvadlových hodin díky kroku \Rightarrow **netlumené kmitání**.

Dodatek: Pokud dochází k přenosu energie z okolí na oscilátor, říká se, že existuje **vazba** mezi okolím a oscilátorem. Podle síly vzájemného působení pak mluvíme o volné (slabé působení) nebo těsné (silné působení) vazbě.

Pokud se energie nepředává v průběhu celé periody, je výsledné kmitání netlumené, ale není harmonické.

Pokud chceme netlumené harmonické kmitání, musíme ztráty nahrazovat rovnoměrně v průběhu celé periody \Rightarrow potřebujeme harmonicky se měnící vnější sílu $F = F_m \sin(\omega t)$.

Pokusy:

- Vychýlíme kyvadlo a necháme ho kývat \Rightarrow vždy stejná perioda kmitů.
- Uchopíme kyvadlo do ruky a snažíme se (přibližně harmonicky) kyvadlo rozpohybovat \Rightarrow perioda kmitů kyvadla odpovídá periodě, kterou působíme na kyvadlo \Rightarrow perioda kmitů se rovná periodě vnější síly.

Kmitání způsobené harmonickou vnější silou nazýváme **nucené kmitání**. Vnější harmonická síla může rozkmitat i předměty, které nemají vlastnosti oscilátoru (například sešit na stole, závaží na provázku, atd.). Při **nuceném kmitání oscilátor kmitá s periodou vnějšího působení**.

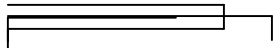
Důsledek: Je možné houpačku rozhoupat i na jinou frekvenci, než by se houpala sama.

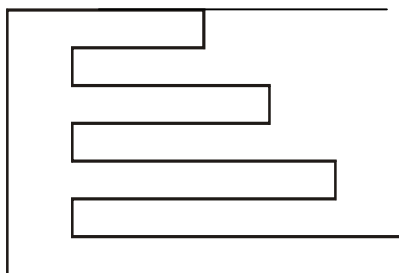
Praxe: Jde to, ale je to strašná dřina.

Pokus:

Na jeden závěs zavěsíme několik kyvadel o různé délce. Délku krajního kyvadla nastavíme tak, aby se rovnala délce jiného kyvadla. Krajní kyvadlo vychýlíme. Výchylka krajního kyvadla se postupně zmenšuje, zatímco kyvadlo se stejnou délkou se postupně rozhoupává. Krajní kyvadlo se na chvíli zastaví, stejně dlouhé kyvadlo se v tomto okamžiku kýve s maximální výchylkou. Od tohoto okamžiku se situace obrací, krajní kyvadlo se postupně rozhoupává a výchylka prostředního kyvadla se postupně zmenšuje.

Došlo k **rezonanci**: zdroj nuceného kmitání (oscilátor) rozkmital rezonátor.

pokus: 



Čím delší plíšek, tím menší frekvence, kterou se hýbe po vychýlení. Kmitáme se všemi plíšky najednou, nejvíce se rozkmitá ten, jehož vlastní frekvence je nejbližší frekvenci kmitání. O rezonanci rozhoduje blízkost frekvencí oscilátoru a rezonátoru.

Gumičkou se snažíme rozkmitat těžké kyvadlo. "

- působíme na kyvadlo jinou frekvencí, než je vlastní frekvence kyvadla \Rightarrow malá výchylka,
 \Rightarrow jasné, během jednoho kmitu kyvadlu energii dodáváme (když působíme ve stejném směru, ve kterém by se chtělo pohybovat) i ubíráme (když působíme proti) \Rightarrow celková energie kmitání se nezměňuje.
- působíme na kyvadlo frekvencí shodnou s vlastní frekvencí kyvadla \Rightarrow výchylka se postupně zvyšuje.
 \Rightarrow jasné, při každém kmitu přidáme kyvadlu trochu energie \Rightarrow postupně zvětšujeme energii kmitání \Rightarrow zvětšujeme výchylku kyvadla.

Co brání, aby se při rezonanci výchylka zvětšovala do nekonečna?

Změny frekvence kmitání při větších výchylkách, všechny druhy tlumení.

Využití rezonance: rezonanční zesilování (hudební nástroje, ozvučnice reproduktorů, rezonanční dutiny)

Potlačování rezonance: otáčivé stroje (periodicky působí na své okolí a mohou ho rozkmitat pokud se tato perioda shoduje s vlastní periodou okolí), auta, ..., metody:

- změna vlastní frekvence mechanismu
- zvýšení tlumení (tlumiče, zvětšení tření,..)

Příklady destruktivních důsledků rezonance:

- lámání křídly (držíme křídlo na konci u tabule, tlačíme, křída začne skřípat, sama se zlomí)
- kácení soušek (u déle suchých stromů můžeme kmen postupně rozkmitávat, dokud se nevyvrátí nebo nezlomí, pokud je kmen vyšší je tato metoda nebezpečná, protože strom se většinou přelomí v koruně, která pak padá dolů)
- 16.4. 1850 478 vojáků francouzské armády zbořilo pochodem most ve městě Angers (délka 102 m, šířka 7,2 m), zemřelo 226 vojáků, [podrobnosti](#)
- 7.11. 1940 vítr o rychlosti 64 km/h zbořil most přes úžinu Tacoma v USA, [video \(čas 3:00\)](#)

Shrnutí: Pokud se frekvence vnějšího působení shoduje s vlastní frekvencí oscilátoru, dojde k rezonanci a zesílení kmitů.