

## STOJATÉ VLNĚNÍ

(pracovní list – pokročilá úroveň)

V pokročilé úrovni budeme zkoumat princip vzniku stojatého vlnění a některé jeho vlastnosti. Také se naučíme pracovat s tabulkou hodnot.

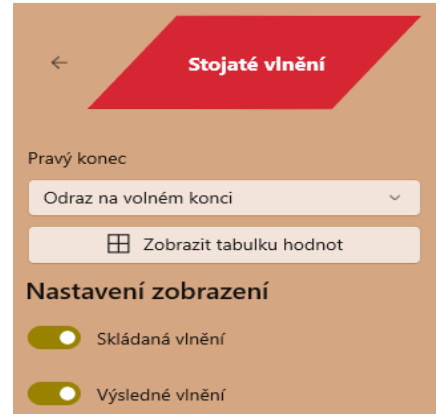
Po spuštění pokročilé úrovně aplikace se okno aplikace rozdělí do třech polí. V největším poli vidíme vykreslovaný jev, který se nazývá stojaté vlnění. Vzdálenost od prvního zobrazovaného bodu vlnění vlevo k poslednímu bodu vpravo je rovna jedné vlnové délce. Pomocí ovládacího panelu pohybu (obrázek 1)



Obrázek 1: Ovládací panel pohybu vlnění

ovládáme pohyb vlnění. První tlačítko spustí animaci od začátku. Druhé a čtvrté tlačítko slouží ke krokování vlnění. Délka kroku je 0,05 násobku vlnové délky  $\lambda$ . Třetím tlačítkem zastavíte a spustíte celou animaci. Páté tlačítko s obrázkem tachometru zobrazí posuvník, kterým můžeme celou animaci zrychlovat a zpomalovat. Zpomalování je velmi užitečné při zkoumání chování vlnění, proto ho využijete.

V levé části okna je panel nastavení zobrazení vlnění (obrázek 2). Pomocí přepínačů můžete vyzkoušet, co jsou skládaná vlnění (postupná vlnění) a výsledné vlnění (stojaté vlnění). Můžete zde také nastavit, jestli bude pravý konec vlnění upevněný (odraz na pevném konci) nebo volný (odraz na volném konci)



Obrázek 2: Panel nastavení zobrazení



Sledujte chování výchylky červeného stojatého vlnění. Všimněte si, že většina bodů bodové řady kmitá se svojí stále stejnou amplitudou. Ty, co kmitají s maximální amplitudou, se nazývají kmitny. Existují ale body, které se nepohybují vůbec. To jsou tzv. uzly.

Vyzkoušejte v nastavení oba způsoby odrazu na pravém konci vlnění. A do vět doplňte slovo KMITNA nebo UZEL.

- Při odrazu vlnění na pevném konci se v místě odrazu vytvoří ..... stojatého vlnění.
- Při odrazu vlnění na volném konci se v místě odrazu vytvoří ..... stojatého vlnění.



Nastavte „Odraz na volném konci“. Vlnění se začnou sama vykreslovat. Nejprve zleva doprava vyrazí zelené přímé vlnění. Ve zpomaleném zobrazení mu cesta na pravou stranu trvá 4 s. Vpravo se odrazí a modré odražené vlnění stejné vlnové délky, stejné frekvence i stejné rychlosti se vrací zpět, tedy zprava doleva. Posuvníkem rychlosti můžete vykreslování 4krát zrychlit. Maximální rychlost 3,0 odpovídá hodnotám, které se zapisují do tabulky hodnot. Tu si zobrazíte kliknutím na tlačítko „Zobrazit tabulku hodnot“. Okno s tabulkou hodnot můžete zvětšovat stejně jako jiná okna v systému Windows.

x (m)	y <sub>1</sub> (m)	y <sub>2</sub>	y <sub>1</sub> + y <sub>2</sub> (m)
0,00	0,536		
0,10	-0,063		
0,20	-0,637		
0,30	-0,969		
0,40	-0,930		
0,50	-0,536		
0,60	0,063		
0,70	0,637		
0,80	0,969		
0,90	0,930		
1,00	0,536	0,536	1,072

Čas (s): 1,09      Interval vzdálenosti (m): 0,10

Zkopírovat do schránky

Naučíme se s tabulkou pracovat. Nastavte si čas dole v tabulce na 0 s a interval vzdálenosti na 0,05 m. Klikáním myši zvyšujte čas a sledujte, jak se výchylky výše popsaného vlnění vyvíjely s plynoucím časem. Až se dostanete k času 1 s, objeví se nulová výchylka u druhého odraženého vlnění. Když budete čas nadále zvětšovat až na 2 s, dorazí druhé vlnění na místo startu prvního vlnění.

Při dalším zvyšování času si všimněte, že hodnoty výchylek skládaných vlnění (zelené y<sub>1</sub> a modré y<sub>2</sub>) na začátku tabulky, uprostřed tabulky a na konci tabulky, jsou vždy stejné. Následující otázky se týkají právě těchto míst se stejnými výchylkami.

Odpovězte na otázky:

- a) Jaké jsou vzdálenosti těchto míst od místa startu přímého (zeleného) vlnění? Vyjádřete v násobcích vlnové délky  $\lambda$ .

- b) Jsou v těchto vzdálenostech uzly nebo kmitny stojatého vlnění?

- c) Jak daleko jsou tato místa od sebe? Jejich vzdálenost vyjádřete v násobcích vlnové délky  $\lambda$ . (Hodnoty vidíte na vodorovné ose ve vykreslovací oblasti.)



Tabulku hodnot z předchozího příkladu zavřete. Nastavte „Odras na pevném konci“. Za pomoci nové tabulky hodnot a animace najděte vzdálenosti na vodorovné ose, kde jsou hodnoty výchylek skládaných vlnění opačná čísla. Odpovězte na stejné otázky jako v předešlém úkolu:

- a) Jaké jsou vzdálenosti těchto míst od místa startu přímého (zeleného) vlnění? Vyjádřete v násobcích vlnové délky  $\lambda$ .

- b) Jsou v těchto vzdálenostech uzly nebo kmitny stojatého vlnění?

- c) Jak daleko jsou tato místa od sebe? Jejich vzdálenost vyjádřete v násobcích vlnové délky  $\lambda$ . (Hodnoty vidíte na vodorovné ose ve vykreslovací oblasti.)



Prozkoumejme nyní místo odrazu vlnění na pravé straně vykreslovací oblasti.

Pokud se v místě odrazu začne výchylka odraženého vlnění zvětšovat v opačném směru než výchylka přímého vlnění, projeví se to v tabulce hodnot jeho opačnou hodnotou výchylky, než má přímé vlnění. V tom případě říkáme, že se vlnění odrazilo s opačnou fází.

Analogicky, pokud se v místě odrazu začne výchylka odraženého vlnění zvětšovat ve stejném směru jako výchylka přímého vlnění, projeví se to v tabulce hodnot jeho stejnou hodnotou výchylky, jako má přímé vlnění. V tom případě říkáme, že se vlnění odrazilo se stejnou fází.

Zjistěte, při jakém způsobu upevnění bodové řady v místě odrazu odražené vlnění kmitá se stejnou fází a při jakém s opačnou fází. Odpověď napište.

Pěknou animaci přeměny postupné vlny na stojatou najdete na adrese

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transient\\_to\\_standing\\_wave.gif#/media/Soubor:Transient\\_to\\_standing\\_wave.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transient_to_standing_wave.gif#/media/Soubor:Transient_to_standing_wave.gif)