

MERANIE OBVODOVEJ RÝCHLOSTI KOLESA POMOCOU DOPPLEROVHO JAVU

Úvod (motivácia)

Dopplerov jav. Čo to je? Možno je názov javu málopravdivý, ale je to jav, ktorý všetci poznám z bežnej skúsenosti. Ak okolo nás prechádza napr. sanitka, všimneme si kolísanie tónu jej sirény – pri pohybe smerom k nám je tón vyšší, keď sa sanitka od nás vzdďaľuje, tón je nižší. Ide o jav, v ktorom sa spája pohyb objektu a zmena zvuku. Práve tento jav je možné využiť na meranie obvodovej rýchlosti kolesa. Aby sme si overili, že meriame správne, na určenie obvodovej rýchlosti využijeme súčasne aj svetelnú závoru zloženú z laserového modulu a fotočlánku so svetelným senzorom.



Poznámka: Skôr ako začnete, je potrebné, aby ste si zopakovali vzťahy na výpočet rýchlosti pomocou Dopplerovho javu.

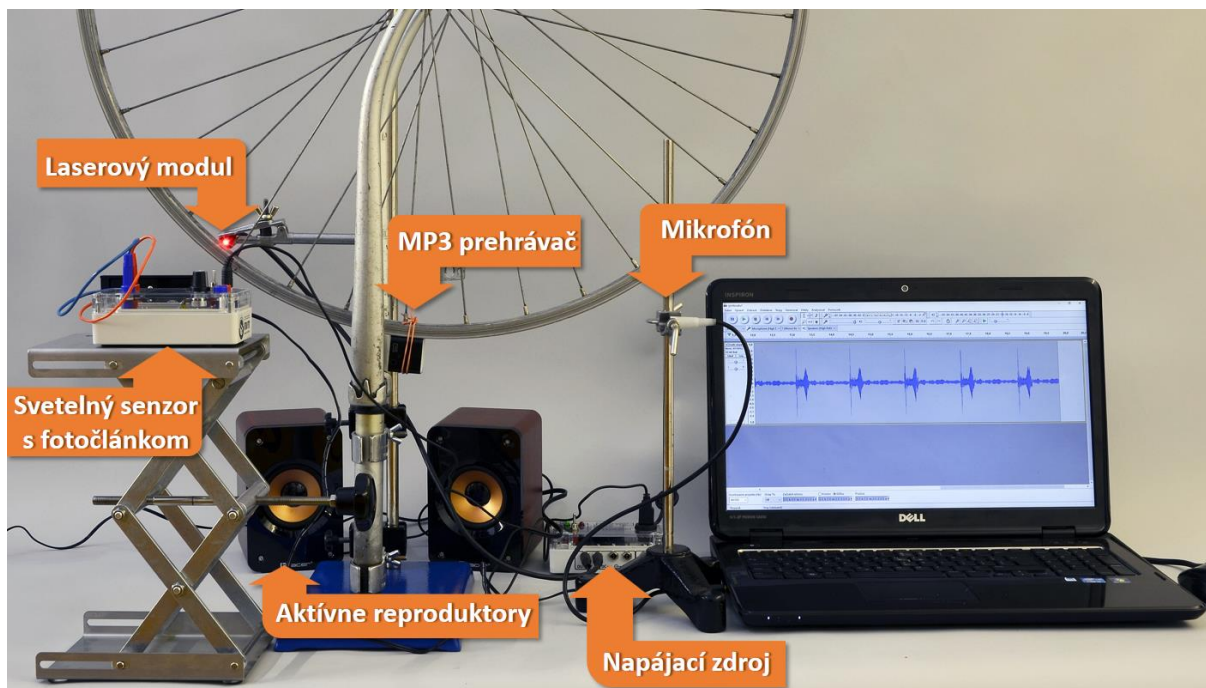
Cieľ merania

Zistiť rýchlosť otáčajúceho sa bicyklového kolesa využitím Dopplerovho javu a overiť jej hodnotu pomocou svetelnej závery.

Postup merania

Experimentálnu zostavu tvorí napájací zdroj s adaptérom, elektretový mikrofón, miniatúrny MP3 prehrávač s gumičkami na uchytenie, laserový modul so svetelným senzorom, aktívne reproduktory a koleso od bicykla s priemerom 62 cm (bez plášťa, uchytené spolu s prednou vidlicou vo vhodnom stojane).

Na koleso sme pomocou gumičiek pripevnili MP3 prehrávač. V smere pohybu prehrávača pri otáčaní kolesa sme umiestnili na laboratórny stojan mikrofón, pripojený do počítača pomocou jack konektora. Na ľavej strane kolesa sme nastavili polohu laserového modulu a fotočlánku so svetelným senzorom tak, aby rotujúci MP3 prehrávač prerušoval svetlo lasera, dopadajúce do clony fotočlánku. Nastavili sme úroveň hlasitosti na aktívnych reproduktoroch tak, aby sme počuli zreteľné puknutie pri prerušení laserového lúča, spustili sme vybraný signál sínusového priebehu na MP3 prehrávači a nahrávanie zvuku v prostredí. Koleso sme roztočili smerom k mikrofónu a zaznamenali sme priebeh signálu (mikrofón registruje zvukový signál z aktívnych reproduktorov, ale aj zmenu frekvencie sínusového signálu pohybujúceho sa MP3 prehrávača).



Priebeh experimentu si pre lepšie pochopenie môžete pozrieť na videu s názvom *Speed_of_the_wheel.mp4*. Zvukové záznamy MP3 prehrávača v pokoji, ako aj rotujúceho kolesa, ktoré budete potrebovať pre ďalšiu analýzu, sú zaznamenané v súboroch *MP3_player.wav* a *Speed_of_the_wheel.wav*.

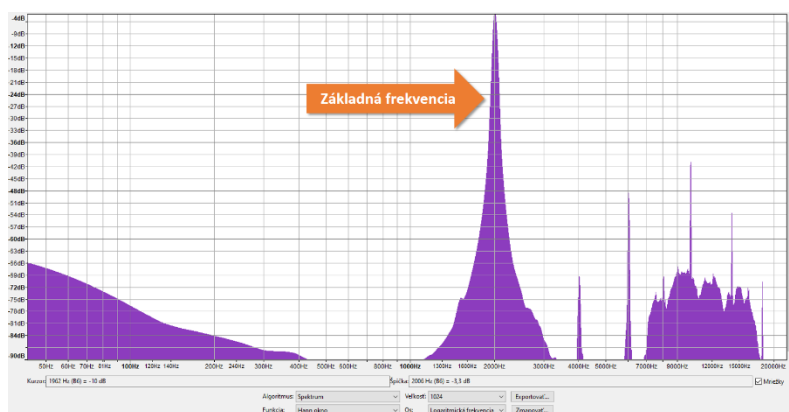
Analýza merania

Pre obvodovú rýchlosť kolesa v pri pohybe smerom k mikrofónu môžeme písať:

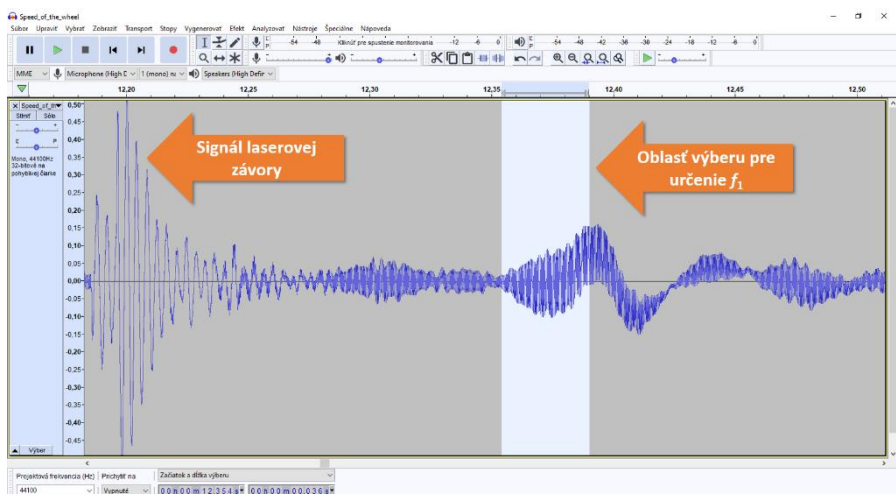
$$v = v_s \cdot \left(\frac{f_0}{f_1} - 1 \right),$$

kde v_s je rýchlosť zvuku vo vzduchu (počítajte s hodnotou 340 m.s^{-1}), f_0 je frekvencia nepohybujúceho sa zdroja a f_1 je frekvencia pohybujúceho sa zdroja. Záporné znamienko pred hodnotou rýchlosti znamená, že zdroj signálu sa pohyboval smerom k mikrofónu.

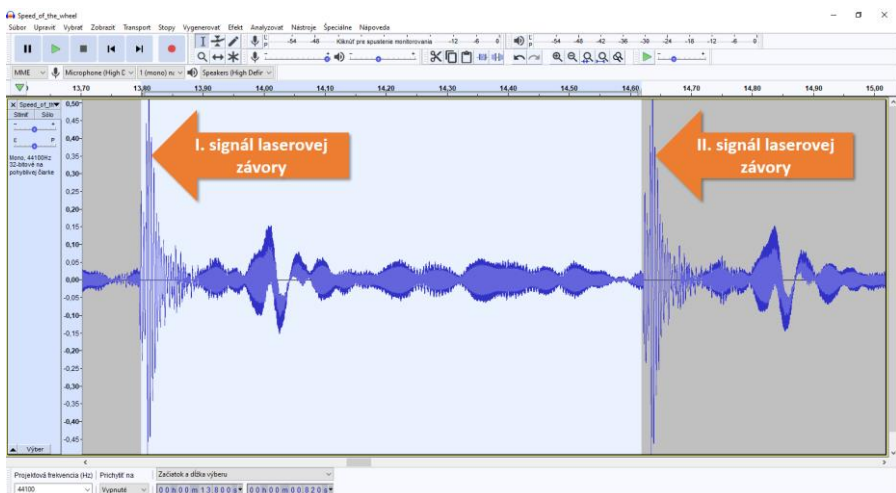
- Najprv zo súboru *MP3_player.wav* určte presnú frekvenciu sínusového priebehu f_0 . Otvorte ho pomocou softvéru na úpravu zvuku Audacity (stiahnete si ho zo stránky <https://www.audacityteam.org/>).
- Audacity umožňuje určiť základnú frekvenciu signálu pomocou spektrálnej analýzy, ktorú nájdete v ponuke *Analyzovať/Vykresliť spektrum*.
- Keď sa kurzorom presuniete na maximum základnej frekvencie signálu, v okienku pod grafom môžete zistiť hodnotu tejto frekvencie f_0 , kedy bol zdroj signálu – MP3 prehrávač – v pokoji. Získaný údaj zapíšte do tabuľky uvedenej nižšie.



- Hodnotu frekvencie f_1 určíte zo súboru *Speed_of_the_wheel.wav*. V priebehu vyznačte oblasť signálu za prechodom laserovou závorou, kedy sa MP3 prehrávač blíži k mikrofónu (intenzita signálu rastie a následne pomerne prudko klesá, ako MP3 prehrávač prešiel okolo mikrofónu), ako ukazuje obrázok nižšie. Na určenie frekvencie f_1 využite opäť spektrálnu analýzu a získaný údaj opäť zapíšte do tabuľky.



- Teraz už môžete získané hodnoty frekvencií f_0 a f_1 dosadiť do vzťahu pre Dopplerov jav a vypočítať hodnotu okamžitej obvodovej rýchlosti kolesa v .



- **Z priebehu *Speed of the wheel.wav* ešte neodchádzajte** – pokiaľ si označíte oblasť od jedného signálu laserovej závoru k druhému v mieste, kde ste určovali frekvenciu f_1 , ako vidieť na obrázku vyššie, môžete určiť periódu otočenia kolesa T , teda čas medzi dvoma prechodmi MP3 prehrávača laserovou závorou.
- Pomocou periódy otočenia kolesa a známeho priemeru kolesa vypočítajte jeho priemernú obvodovú rýchlosť v' medzi dvoma prechodmi laserovou závorou a porovnajte s hodnotou zistenou pomocou Dopplerovho javu. Údaje opäť zapíšte do tabuľky.
- Uvedený postup určenia obvodovej rýchlosti kolesa zopakujte pre 10 vybraných hodnôt signálu zo súboru *Speed_of_the_wheel.wav*¹.

Meranie rýchlosti kolesa				
Základná frekvencia $f_0 = 2006$ Hz				
Priemer kolesa $d = 0,62$ m				
Rýchlosť zvuku $v_s = 340$ ms ⁻¹				
Číslo merania	Dopplerov jav		Laserová závera	
	f_1 [Hz]	$ v$ [ms ⁻¹]	T [s]	v' [ms ⁻¹]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Ktorý spôsob určovania rýchlosti kolesa je podľa vás presnejší? Vedeli by ste vysvetliť prečo?

¹ V súbore *Speed_of_the_sound_data.xlsx* nájdete vzorové hodnoty získané meraním a výpočtom.