MERANIE RÝCHLOSTI ZVUKU POMOCOU PAPIEROVEJ ROLKY

Úvod (motivácia)

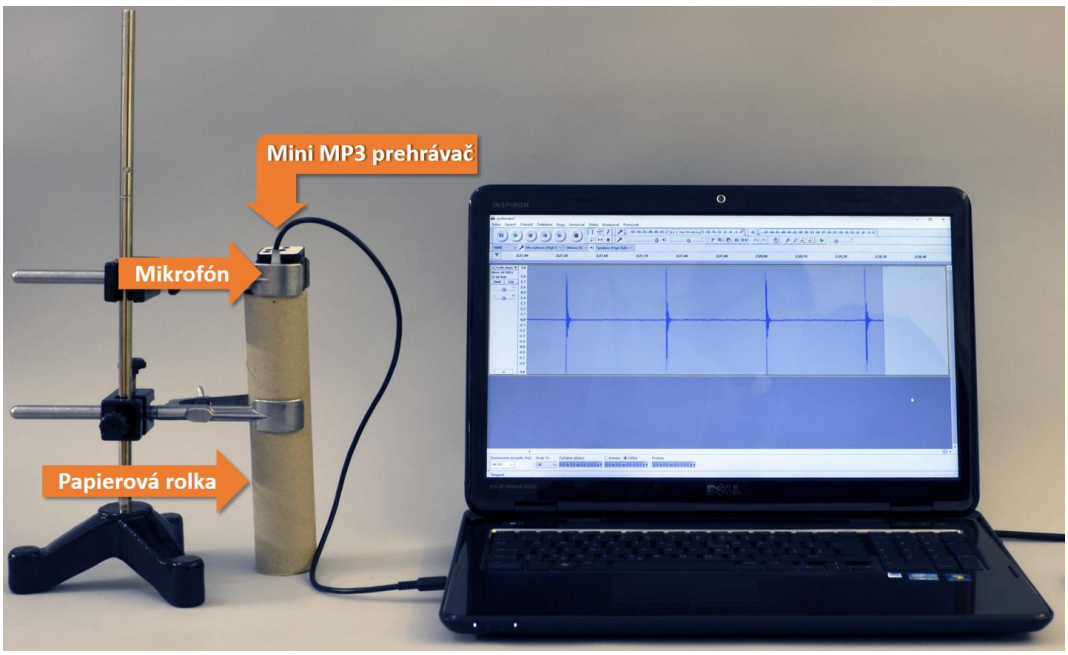


Zvuky rôzneho druhu nás sprevádzajú celý život, od rána do večera. Jednou zo základných charakteristík zvuku je jeho rýchlosť šírenia sa prostredím. Poznáte hodnotu rýchlosti zvuku vo vzduchu? Vieme túto rýchlosť zmerať? Odpoveď je áno – postačí nám k tomu papierová rolka z kuchynských utierok, mini MP3 prehrávač, mikrofón a počítač so softvérom na nahrávanie zvuku Audacity, ktorý je voľne šíriteľný a dá sa stiahnuť zo stránky https://www.audacityteam.org/.

Cieľ merania

Cieľom experimentu je zmerať rýchlosť zvuku pomocou odrazu zvuku od pevnej prekážky.

Postup merania



Experimentálnu zostavu tvorí mikrofón, mini MP3 prehrávač a papierová rolka s dĺžkou 21 cm. Pri meraní využijeme skutočnosť, že dostatočne krátky zvukový impulz sa po prechode papierovou rolkou odrazí od jej konca a vráti sa späť k mikrofónu. Pokiaľ zmeriame časový interval medzi pôvodným a odrazeným impulzom a poznáme dĺžku papierovej rolky, zo vzťahu pre dráhu s rovnomerného priamočiareho pohybu ($s = v.t$) môžeme určiť rýchlosť zvuku v.

Papierovú rolku sme uchytili do stojana a MP3 prehrávač s mikrofónom sme umiestnili na horný koniec rolky presne tak, ako vidieť na obrázku.

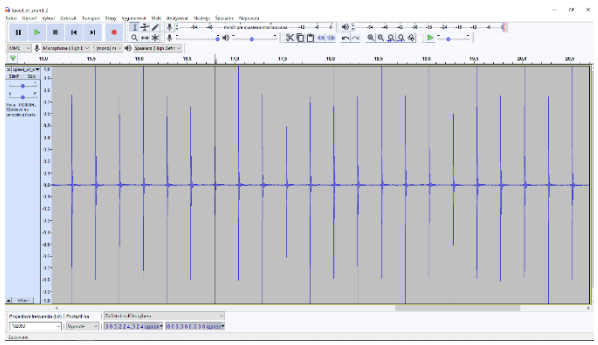
Následne sme na mini MP3 prehrávači spustili impulzový priebeh (napr. s intervalom 0,25 s). Spustili sme nahrávanie zvuku mikrofónu v prostredí Audacity a zaznamenali sme približne 20 sekundový priebeh impulzov.

Priebeh experimentu si pre lepšie pochopenie môžete pozrieť na videu s názvom *Speed_of_sound.mp4*. Zvuk solárneho motorčeka, ktorý budete potrebovať pre ďalšiu analýzu, je zaznamenaný v súbore *Speed_of_sound.wav*.

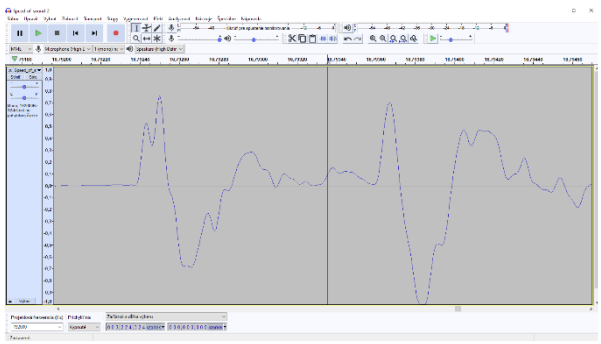
Analýza merania

Na obrázkoch je znázornený priebeh zvukového signálu zo súboru *Speed_of_sound.wav*, ako aj pohľad na detailný priebeh pôvodného a prvého odrazeného impulzu v prostredí Audacity.

Priebeh zvukového signálu



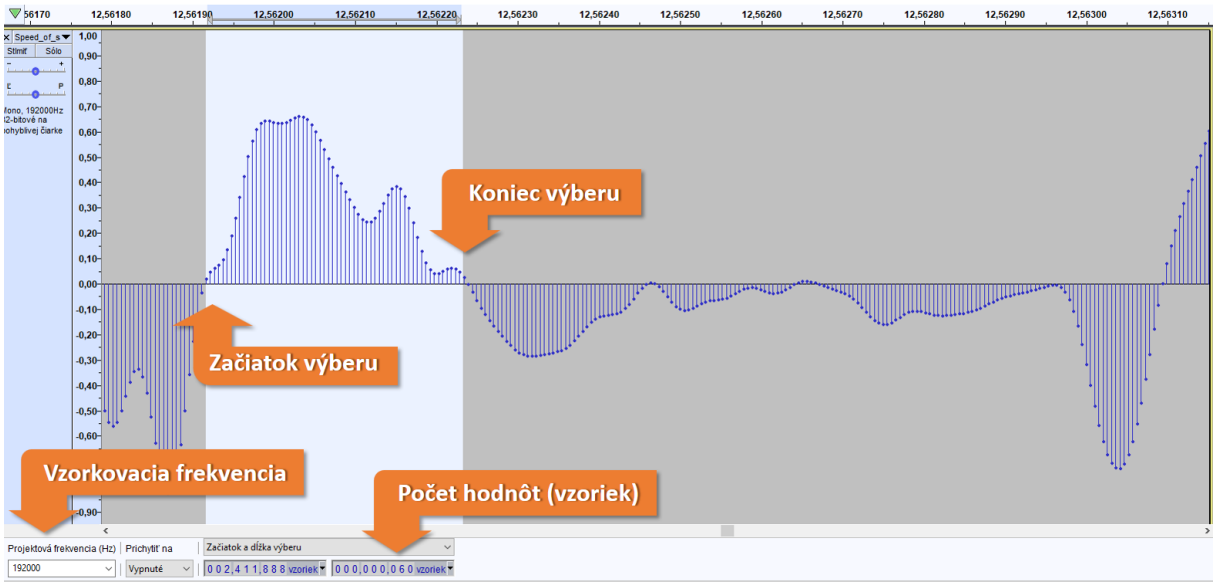
Pôvodný a odrazený zvukový impulz



Teraz si na príklade ukážeme, ako môžeme presne určiť čas medzi pôvodným a odrazeným impulzom. V Audacity si vyznačíme požadovaný interval, ako vidieť na obrázku nižšie (vy si potrebujete označiť oblasť napr. od začiatku pôvodného impulzu po začiatok odrazeného impulzu) a z údajov na časovej osi alebo na spodnom stavovom riadku odčítame požadovaný časový interval. Pokiaľ to chceme urobiť čo najpresnejšie, v spodnom stavovom okne si namiesto času nastavíme zobrazenie počtu vzoriek, pričom vzorkovacia frekvencia súboru je 192 kHz (to znamená, že každú 1/192000 s bola zaznamenaná jedna hodnota zvukového signálu).

V našom prípade sme vyznačili oblasť signálu, ktorá obsahuje 60 hodnôt, čomu pri vzorkovacej frekvencii 192 kHz zodpovedá časový interval:

$$t = \left(\frac{1}{192000}s\right).60 = 3{,}125 \text{ ms}.$$



- Na zvukovom priebehu si vyberte ľubovoľný impulz. Zväčšite ho tak, aby ste videli jeho detailný priebeh a vyznačte si interval od začiatku pôvodného po začiatok odrazeného impulzu.
- Pomocou počtu hodnôt (vzoriek) signálu a známej vzorkovacej frekvencie určte časový interval medzi impulzami.
- Vypočítajte rýchlosť zvuku, ak viete, že dĺžka papierovej rolky je 21 cm.
- Meranie spolu s výpočtom rýchlosti zvuku zopakujte 10x pre rôzne impulzy zo zaznamenaného priebehu a vypočítajte priemernú hodnotu rýchlosti zvuku. Údaje zapíšte do tabuľky. Získanú hodnotu porovnajte s teoretickým predpokladom[1].

Meranie rýchlosti zvuku

Dĺžka papierovej rolky l = 21 cm

Vzorkovacia frekvencia f = 192 kHz

Číslo merania	Počet vzoriek	t [ms]	v [ms^{-1}]	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Priemerná rýchlosť v_p =				**ms^{-1}**

[1] V súbore *Speed_of_sound_data.xlsx* nájdete vzorové hodnoty získané meraním a výpočtom.