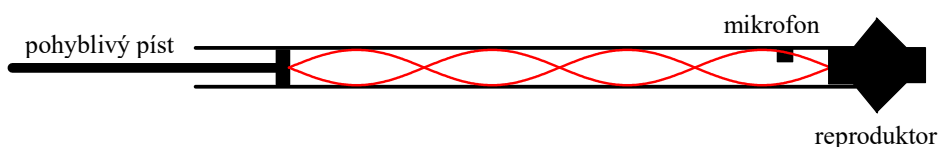


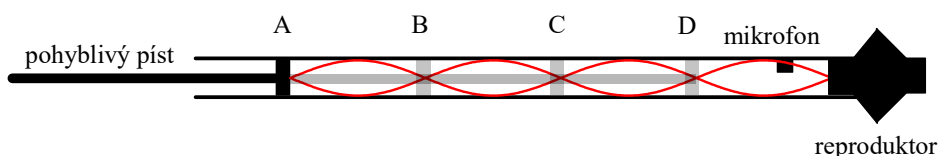
*Cílem úlohy je změřit rychlost zvuku ve vzduchu přímou metodou z doby šíření a z periodicity stojatého vlnění v Kundtově trubici.*

## Měření rychlosti zvuku Kundtovou trubicí.

Kundtova trubice je tradiční zařízení pro měření rychlosti zvuku v plynech. Její uspořádání je znázorněno na obrázku:



Vnitřek trubice tvoří akustický rezonátor, ve kterém dojde k zesílení intenzity stojatého zvukového vlnění v případě, kdy délka rezonátoru odpovídá celistvému počtu půlvln<sup>1</sup>. K rezonanci tedy dojde pro polohy A, B, C i D pístu apod.



Vzájemná vzdálenost jednotlivých poloh pístu, při kterých dochází k rezonanci, je rovna polovině vlnové délky  $\lambda/2$ . Ze známé frekvence tónu generátoru  $f$  a změřené vlnové délky  $\lambda$  lze určit rychlost zvuku dle vztahu

$$v = \lambda \cdot f.$$

### Postup

- 1) Reproduktor je napájen z generátoru funkcí METEX, který současně umožňuje měření frekvence výstupního signálu.
- 2) Okamžik rezonance identifikujeme pomocí mikrofonu připojeného na osciloskop. Při rezonanci je amplituda signálu měřená osciloskopem maximální.
- 3) Při měření postupujeme tak, že posuvem pístu hledáme všechny jeho polohy na celé délce trubice, při kterých dochází k rezonanci. Nalezené polohy zapisujeme do tabulky. Rozdíl sousedních poloh je vždy roven polovině vlnové délky.
- 4) Měření opakujeme pro několik různých frekvencí v intervalu 800 Hz – 1200 Hz.
- 5) Měřená data lze zpracovat různými způsoby:
  - a. Vlnovou délku vždy vypočítáme jako dvojnásobek rozdílu sousedních rezonančních poloh. Ze získaných hodnot určíme průměrnou hodnotu a její nejistotu. (Z detailnější analýzy vyplyne hlavní nedostatek tohoto postupu: pro výpočet průměrné hodnoty jsou fakticky použity pouze krajní polohy. Vnitřní polohy ovlivní jen chybu výsledné hodnoty.)

<sup>1</sup> Na pevném konci (na obrázku vlevo) je vždy uzel amplitudy výchylky. V místě membrány reproduktoru je situace složitější a není tam uzel ani kmitna stojatého vlnění, ale něco mezi oběma možnostmi.

- b. Jednu krajní polohu (označme ji č. 1) volíme jako základ pro zpracování všech zbylých hodnot. Jednotlivé hodnoty vlnové délky určíme jako:
- i. dvojnásobek rozdílu 1 a 2 polohy
  - ii. rozdíl první a třetí polohy
  - iii. dvě třetiny rozdílu první a čtvrté polohy
  - iv. polovinu rozdílu první a páté polohy
  - v. dvě pětiny rozdílu první a šesté polohy
  - vi. atd....

Z takto získaných hodnot vlnové délky určíme hodnotu průměrnou a její nejistotu.

- c. Vyneseme do grafu závislost rezonanční polohy jako funkce jejího pořadového čísla, tedy do grafu zobrazíme tabulku:

číslo	poloha
1	poloha 1
2	poloha 2
3	poloha 3
.....	.....

Grafem proložíme přímkou (například pomocí programu Excel). Vlnová délka je pak dvojnásobkem směrnice proložené přímkou. (Víš proč?) Tento postup je nejsprávnější a při znalosti programu Excel (nebo jiného obdobného software) také nejjednodušší a nejrychlejší.

Způsob zpracování měřených dat vybere vyučující.

- 6) Ze známé frekvence tónu v reproduktoru a změřené vlnové délky určíme rychlost zvuku.
- 7) Získanou hodnotu porovnáme s hodnotou tabelovanou.

## Měření rychlosti zvuku z doby šíření.

Tato metoda přímo využívá definičního vztahu pro (průměrnou) rychlost

$$v = \frac{s}{t}$$

Pomocí dvojice mikrofonů a školního experimentálního systému Vernier měříme dobu šíření zvukového signálu mezi dvěma mikrofony.

### Postup

- 1) Dva mikrofony Vernier umístíme asi metr a půl od sebe. Vzdálenost obou mikrofonů určíme co nejpřesněji svinovacím metrem.
- 2) Nastavíme vzorkovací frekvenci nejméně 10 000Hz a dobu měření 3s.
- 3) Odstartujeme měření. Bezprostředně poté v blízkosti jednoho mikrofonu silně klepneme dvěma kovovými tyčkami o sebe.
- 4) Z naměřených dat určíme dobu šíření zvukového signálu mezi dvěma mikrofony.
- 5) Z doby šíření a vzdálenosti mezi mikrofony vypočítáme rychlost zvuku.
- 6) Měření opakujeme nejméně pětkrát. Z naměřených hodnot určíme průměrnou hodnotu a její nejistotu. Srovnáme s tabulkovou hodnotou.