

PRACOVNÍ LIST

| MĚŘENÍ RYCHLOSTI ZVUKU POMOCÍ AKUSTICKÝCH STOPEK | |
|--|------------------|
| Datum měření: | Třída: |
| Jméno: | Spolupracovníci: |
| Laboratorní podmínky <ul style="list-style-type: none">• Teplota vzduchu:• Tlak vzduchu:• Vlhkost vzduchu: | |

Úkol

- Zjistěte rychlost zvuku pomocí senzoru *Akustické stopky* (pracujte ve dvojici nebo v menší skupince)

Pomůcky

- Dva smartphony či tablety s aplikací phyphox
- Vhodné délkové měřidlo (např. svinovací metr)

Teorie

Jako *zvuk* označujeme mechanické vlnění o takových frekvencích, které je lidský sluch schopen vnímat (obvykle se uvádí 20 až 20 000 Hz). V tomto experimentu se zaměříme na rychlost zvuku ve vzduchu, kterou budeme tak, jak jste zvyklí, značit v . Cílem našeho měření bude tuto rychlost zjistit ze známého vztahu $v = \frac{s}{t}$. Umístíme-li dva senzory zvuku (v našem případě dva mobily se zapnutým senzorem *Akustické stopky*) do vzdálenosti s od sebe a tleskneme přímo nad jedním ze sensorů, pak se druhý sensor spustí se zpožděním, protože bude nějakou dobu trvat, než k němu zvuk dorazí. Poté situaci obrátíme – tleskneme nad druhým senzorem a zpozdí se první. Rozdíl časů naměřených na stopkách (Δt) bude roven dvojnásobku času, který zvuku trvalo překonat vzdálenost s .

Náš finální vztah pro rychlost tedy vypadá takto: $v = \frac{2s}{\Delta t}$.

Postup

Zde naleznete instruktážní video k tomuto experimentu v angličtině, níže následuje doporučený postup v češtině:



- 1) Najděte si k měření tiché místo (typicky stačí školní chodba během hodiny) a umístěte telefony do vybrané vyměřené vzdálenosti (ideálně 3–5 m).
- 2) V aplikaci phyphox zapněte na obou mobilech *Akustické stopky* a změňte hodnotu *Práh měření* na 0,3. Tímto krokem snížíte citlivost senzoru a vyhnete se spuštění/zastavení stopek náhodným šumem z okolí. Rovněž hodnotu *Minimální zpoždění* nastavte na 0,3. Takto stopky budou zaznamenávat pouze delší časové intervaly, než 0,3 sekundy. Kratší časy by odpovídaly zaznamenání ozvěny prvního tlesknutí, což nechceme.
- 3) S vaším kolegou se každý postavte přímo nad váš mobil a domluvte se, kdo tlesknutím stopky spustí a kdo zastaví. Poté na obou zařízeních zapněte měření (bílý trojúhelníček), jeden z vás tleskne (dojde ke spuštění stopek), druhý počká několik sekund a také tleskne (stopky se zastaví).
- 4) Pokud se jedny ze stopek tlesknutím nespustily/nezastavily či zaznamenaly ozvěnu, měření zopakujte. Pokuste se tlesknout dostatečně hlasitě, případně opět snížit *Práh měření* na hodnotu 0,1.
- 5) Časy z obou stopek od sebe odečtete, čímž získáte jednu hodnotu do tabulky níže.
- 6) Kroky 3 až 5 opakujte a vyplňte tak celou tabulku. Hodnoty časových rozdílů pak zprůměrujte a dál pracujte s touto hodnotou.
- 7) Určete standardní a relativní nejistotu vašeho měření.
- 8) Vypočtete rychlost zvuku a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou.

Záznamový arch

| Číslo měření | Δt [s] | Standardní nejistota [s] |
|--|----------------|--------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| Aritmetický průměr naměřených hodnot Δt : Aritmetický průměr standardních nejistot: | | |

Měření rychlosti zvuku

Zvolená vzdálenost: $s = (\quad \pm \quad) \text{ m}$

Relativní nejistota vzdálenosti (%):

Průměrný časový rozdíl naměřený na stopkách: $\Delta t = (\quad \pm \quad) \text{ s}$

Relativní nejistota času (%):

Výpočet rychlosti zvuku ve vzduchu:

Relativní nejistota rychlosti (%):

Standardní nejistota rychlosti:

Vypočtená rychlost zvuku:

Rychlost zvuku ve vzduchu podle tabulek/internetu při teplotě vzduchu ve třídě:

Závěrečné shrnutí:

- Odpovídá vámi naměřená hodnota rychlosti zvuku skutečnosti?
- Jak by se výsledek změnil, kdybyste mobily položili dál od sebe?
- Jaký má smysl měření pětkrát opakovat?
- Odhadněte, jaké jsou hlavní zdroje nepřesností při tomto měření.