

PRACOVNÍ LIST – VZOROVÉ ŘEŠENÍ

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 dále 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	0,017	0,0006
2	0,018	0,0004
3	0,018	0,0004
4	0,017	0,0006
5	0,018	0,0004
Aritmetický průměr naměřených hodnot Δt : 0,0176 s Aritmetický průměr standardních nejistot: 0,0005 s		

Měření rychlosti zvuku

Zvolená vzdálenost: $s = (3,00 \pm 0,01) \text{ m}$

Relativní nejistota vzdálenosti (%): 0,3 %

Průměrný časový rozdíl naměřený na stopkách: $\Delta t = (0,0176 \pm 0,0005) \text{ s}$

Relativní nejistota času (%): 2,8 %

Výpočet rychlosti zvuku ve vzduchu: $v = \frac{2s}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 3}{0,0176} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \doteq 341 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Relativní nejistota rychlosti (%): 3,1 %

Standardní nejistota rychlosti: $\Delta v = 341 \cdot 0,031 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \doteq 11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Vypočtená rychlost zvuku: $v = (341 \pm 11) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

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

$v = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (při teplotě 20 °C v suchém vzduchu)

Závěrečné shrnutí:

- Odpovídá vámi naměřená hodnota rychlosti zvuku skutečnosti?
Jestliže hodnota z tabulek/internetu leží ve vypočteném intervalu, odpovězte kladně.
- Jak by se výsledek změnil, kdybyste mobily položili dál od sebe?
V rámci rozměrů laboratoře/třídy, ve které měření provádíte, se výsledek nezmění, rychlost šíření zvuku bude stejná. Pokud bychom měřili na velké vzdálenosti, např. jednotky kilometrů, mohlo by dojít ke změně atmosférických podmínek podél trasy šíření zvuku, čímž by došlo k ovlivnění měření.
- Jaký má smysl měření pětikrát opakovat?
Větší počet opakování měření snižuje statistické chyby měření. Máme tedy větší jistotu, že skutečná hodnota měřené veličiny bude ležet v námi změřeném intervalu.
- Odhadněte, jaké jsou hlavní zdroje nepřesností při tomto měření.
 - *Umístění telefonů (resp. jejich mikrofonů) do jiné vzdálenosti, než s jakou dále počítáme.*
 - *Chybná měření, kdy stopky zaznamenají ozvěnu či šum, která zařadíme do tabulky.*
 - *Tlesknutí nikoli přímo nad mobilem, ale mimo něj, případně v rozdílných výškách.*