**Úloha 10**

**Měření rychlosti zvuku sonarovou metodou**

1. **Úkol měření**

Určete rychlost zvuku ve vzduchu měřením doby mezi vysláním a registrací odražených ultrazvukových impulzů.

**2. Seznam použitých přístrojů**

**3. Realizace úlohy**

**3.1 Postup měření**

 1) Zkontrolujte zapojení přístrojů a seznamte se s ovládáním programu Measure.

 2) Změřte časový odstup vyslaného a přijatého impulzu pro alespoň 10 různých vzdáleností odrazné plochy.

 3) Pomocí metody nejmenších čtverců vypočítejte rychlost zvuku ve vzduchu. Tuto hodnotu porovnejte s hodnotou vypočtenou pro danou teplotu pomocí vzorce 3.16.

**3.2 Realizace**

Nejjednodušší možností měření rychlosti zvuku spočívá v určení času, jaký vlna potřebuje k překonání dané vzdálenosti.

Aparatura použitá v této úloze funguje na principu sonaru a schematicky je znázorněna na obrázku.

Z ultrazvukového vysílače se vyšle krátký impulz, který se šíří vzduchem jako zvuková vlna a po odrazu od reflektoru je zachycen ultrazvukovým přijímačem. Z doby mezi vysláním a registrací odraženého pulzu τ a ze známé vzdálenosti l můžeme vypočítat rychlost zvuku c0. Pro různé vzdálenosti li obdržíme různé doby τi.

Protože pro rovnoměrný pohyb z kinematiky známe vztah s = vt+s0, kde *s* je dráha a *v* rychlost, můžeme rychlost zvuku vypočítat tak, že naměřenou závislost τi, li pomocí metody nejmenších čtverců aproximujeme přímkou l = Aτ+B, takže pro rychlost zvuku dostaneme c0=A.

**3.2 Naměřené a vypočtené hodnoty**

Příklad výpočtu: $l=\sqrt{4x^{2}+d^{2}}=\sqrt{4∙20^{2}+7^{2}}=40,6 cm$

 kde d =7 cm

Hodnoty jsme aproximovali pomocí metody nejmenších čtverců a výsledná rovnice je:

$$l=341,62∙τ-0,0255$$

Z toho vyplývá, že c0 = 341,62 m/s.

**3.3 Nejistoty měření**

Známe tři zdroje nejistoty typu B, jsou to chyba měřidla x=1mm, osobní chyba x=0,5mm vzorkovací perioda τ = 1/200000 = 0,005 ms a chyba odečítání τ = 0,03 ms.

Standartní nejistota pro vzdálenost x:

$$u\_{B1}\left(x\right)=\frac{1mm}{\sqrt{3}}=0,577mm$$

$$u\_{B2}\left(x\right)=\frac{0,5mm}{\sqrt{3}}=0,289 mm$$

$$u\_{B}\left(x\right)=u\_{C}\left(x\right)=\sqrt{u\_{B1}(x)^{2}+u\_{B2}(x)^{2}}=0,6453 mm$$

Standartní nejistota pro vzdálenost l:

$$u\_{C}\left(l\right)=\sqrt{(\frac{δl}{δx})^{2}∙u\_{C}\left(x\right)^{2}}=\sqrt{(\frac{4\overline{x}}{\sqrt{4\overline{x}^{2}+d^{2}}})^{2}∙u\_{C}\left(x\right)^{2}}=\sqrt{(\frac{4∙67,5}{\sqrt{4∙67,5^{2}+7^{2}}})^{2}∙0,6453^{2}}=1,289 mm$$

Standartní nejistota pro periodu τ:

$$u\_{B1}\left(τ\right)=\frac{0,005ms}{\sqrt{3}}=0,00289 ms$$

$$u\_{B1}\left(τ\right)=\frac{0,03ms}{\sqrt{3}}=0,0173 ms$$

$$u\_{B}\left(τ\right)=u\_{C}\left(τ\right)=\sqrt{u\_{B1}(τ)^{2}+u\_{B2}(τ)^{2}}=0,01754 ms$$

Standartní nejistota pro rychlost zvuku c0:

$$u\_{C}\left(c\_{0}\right)=\sqrt{(\frac{δc\_{0}}{δl})^{2}∙u\_{C}\left(l\right)^{2}+(\frac{δc\_{0}}{δτ})^{2}∙u\_{C}\left(τ\right)^{2}}=\sqrt{(\frac{1}{\overline{τ}})^{2}∙u\_{C}\left(l\right)^{2}+\left(-\frac{\overline{l}}{\overline{τ}^{2}}-\frac{0,0255}{\overline{τ}^{2}}\right)^{2}∙u\_{C}\left(τ\right)^{2}}=\sqrt{(\frac{1}{0,004209})^{2}∙0,001289^{2}+(-\frac{1,352}{0,004209^{2}}-\frac{0,0255}{0,004209^{2}})^{2}∙0,00001754^{2}}=\overline{1,398 ^{m}/\_{s}}$$

c0 = 341,62 (1,398) m/s.

**4. Závěr**

Námi naměřená výsledná hodnota rychlosti zvuku nám vyšla 341,62 (1,398) m/s.

Vypočítáme-li rychlost zvuku podle vzorce $c\_{0}≈331,06+0,61θ$, kde θ je teplota okolního prostředí v °C (v našem případě 24°C), dostaneme hodnotu $c\_{0}≈345,7^{m}/\_{s}$.

Porovnáme-li tyto dvě hodnoty, zjistíme, že námi vypočítaná rychlost zvuku je o 2,7 m/s menší.