

## Úkol měření

Proměřte posuv kmitočtu ultrazvukové vlny, pokud pozorovatel (přijímač) či zdroj (vysílač) této vlny budou ve vzájemném pohybu. Porovnejte naměřené hodnoty s hodnotami teoretickými.

## Použité pomůcky

Ultrazvukový přijímač a vysílač, zdroj napětí, vláček s upevněnou 10cm dlouhou destičkou, počítač s programem Measure, digitální multimetr, laserová optická závora, teploměr.

## Naměřené hodnoty

Měření:	Rychlost [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]			
	4,5V	6V	9V	12V
1.	0,186	0,262	0,451	0,661
2.	0,188	0,269	0,449	0,653
3.	0,189	0,272	0,456	0,680
4.	0,190	0,272	0,450	0,654
5.	0,187	0,277	0,451	0,679
6.	0,188	0,276	0,457	0,659
7.	0,187	0,275	0,455	0,680
8.	0,181	0,277	0,454	0,662
9.	0,186	0,275	0,460	0,685
10.	0,182	0,275	0,457	0,662

	Frekvence [Hz]								
	0V	4,5V		6V		9V		12V	
	Směr:	K poz.	Od poz.	K poz.	Od poz.	K poz.	Od poz.	K poz.	Od poz.
1.	39 023	39 043	39 006	39 053	38 995	39 075	38 975	39 098	38 953
2.	39 023	39 042	39 004	39 053	38 992	39 073	38 974	39 098	38 948
3.	39 022	39 042	39 002	39 053	38 995	39 075	38 973	39 098	38 948
4.	39 022	39 042	39 005	39 053	38 991	39 074	38 974	39 098	38 952
5.	39 023	39 044	39 003	39 053	38 995	39 074	38 972	39 098	38 949
6.	39 023	39 044	39 002	39 054	38 993	39 073	38 973	39 098	38 951
7.	39 023	39 042	39 004	39 054	38 992	39 071	38 972	39 098	38 951
8.	39 023	39 049	39 003	39 054	38 994	39 073	38 971	39 097	38 950
9.	39 023	39 044	39 001	39 054	38 992	39 074	38 972	39 097	38 948
10.	39 022	39 043	39 003	39 053	38 992	39 075	38 973	39 097	38 948

Průměrná teplota okolního vzduchu: 24,25 °C

Přesnost teploměru  $\pm 0,5\%$

## Rychlost zvuku

Rychlost zvuku závisí na teplotě. Naměřena byla teplota:

$$t = 24,25^{\circ}\text{C}$$

Rychlost zvuku vypočteme dle následujícího vztahu:

$$c = 331,06 + 0,61 \, t \, [\text{m/s}, ^{\circ}\text{C}]$$

$$c = 345,8525 \, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$c \approx 345,853 \, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

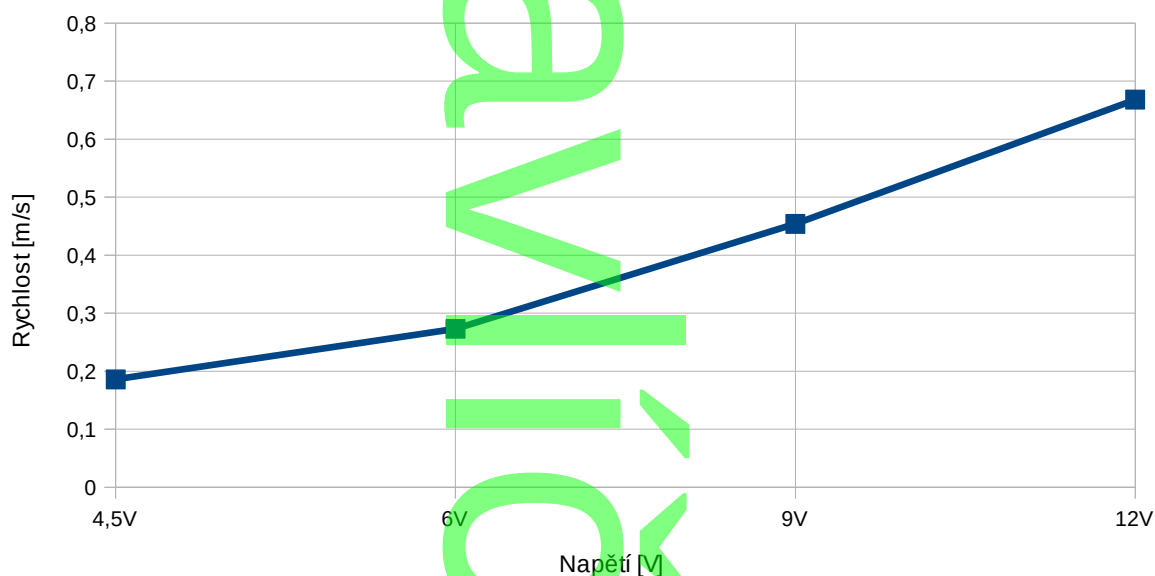
## Změřená rychlost vláčku při různých napětích

Uvedené rychlosti jsou aritmetickým průměrem naměřených hodnot zaokrouhleným na tři platná místa. Výpočet jsem provedl dle následujícího vztahu:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}$$

Průměrná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]			
4,5V	6V	9V	12V
0,186 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0,273 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0,454 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0,668 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Graf závislosti rychlosti vláčku na napětí



# Změřená frekvence při různých rychlostech

Nejistotu měření frekvence určíme metodou typu B, kdy budeme uvažovat rozlišení přístroje 1Hz.

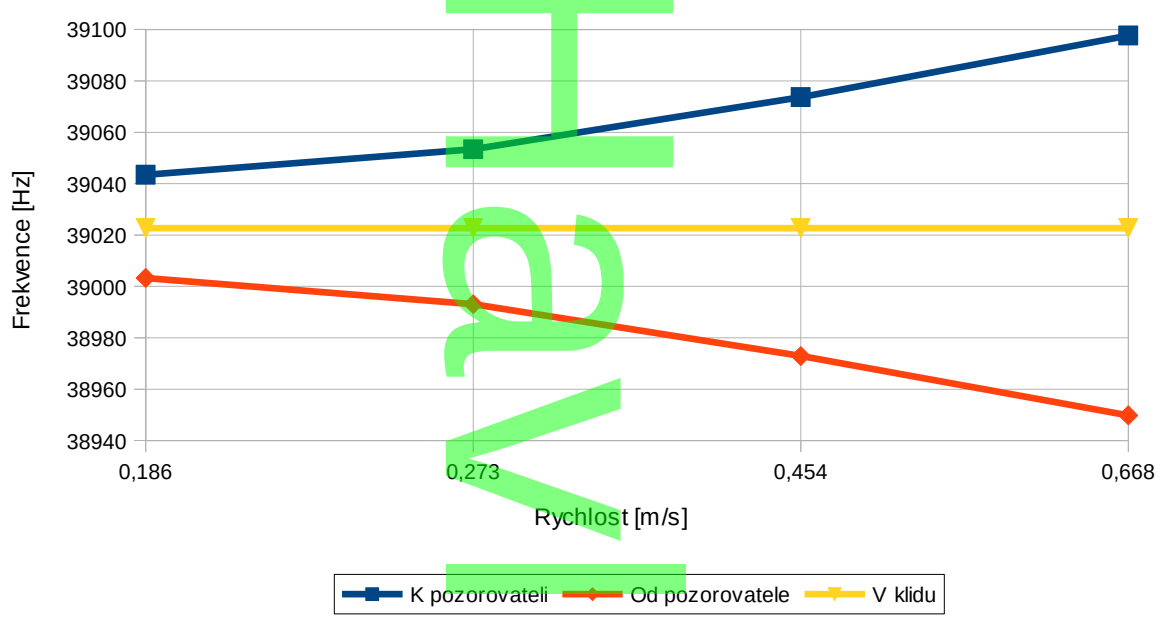
$$\Delta = 1\text{Hz}$$

$$u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{12}}$$

$$u_B = 0,28\text{ Hz}$$

Průměrná frekvence [Hz]				
0V; 0 m·s <sup>-1</sup>	4,5V; 0,186 m·s <sup>-1</sup>		6V; 0,273 m·s <sup>-1</sup>	
Stojí	K pozorovateli	Od pozorovatele	K pozorovateli	Od pozorovatele
(39022,70±0,28)Hz	(39043,50±0,28)Hz	(39003,30±0,28)Hz	(39053,40±0,28)Hz	(38993,10±0,28)Hz
	9V; 0,454 m·s <sup>-1</sup>		12V; 0,668 m·s <sup>-1</sup>	
	K pozorovateli	Od pozorovatele	K pozorovateli	Od pozorovatele
	(39073,70±0,28)Hz	(38972,90±0,28)Hz	(39097,70±0,28)Hz	(38949,80±0,28)Hz

Graf závislosti frekvence na rychlosti



## Teoretická frekvence při různých rychlostech

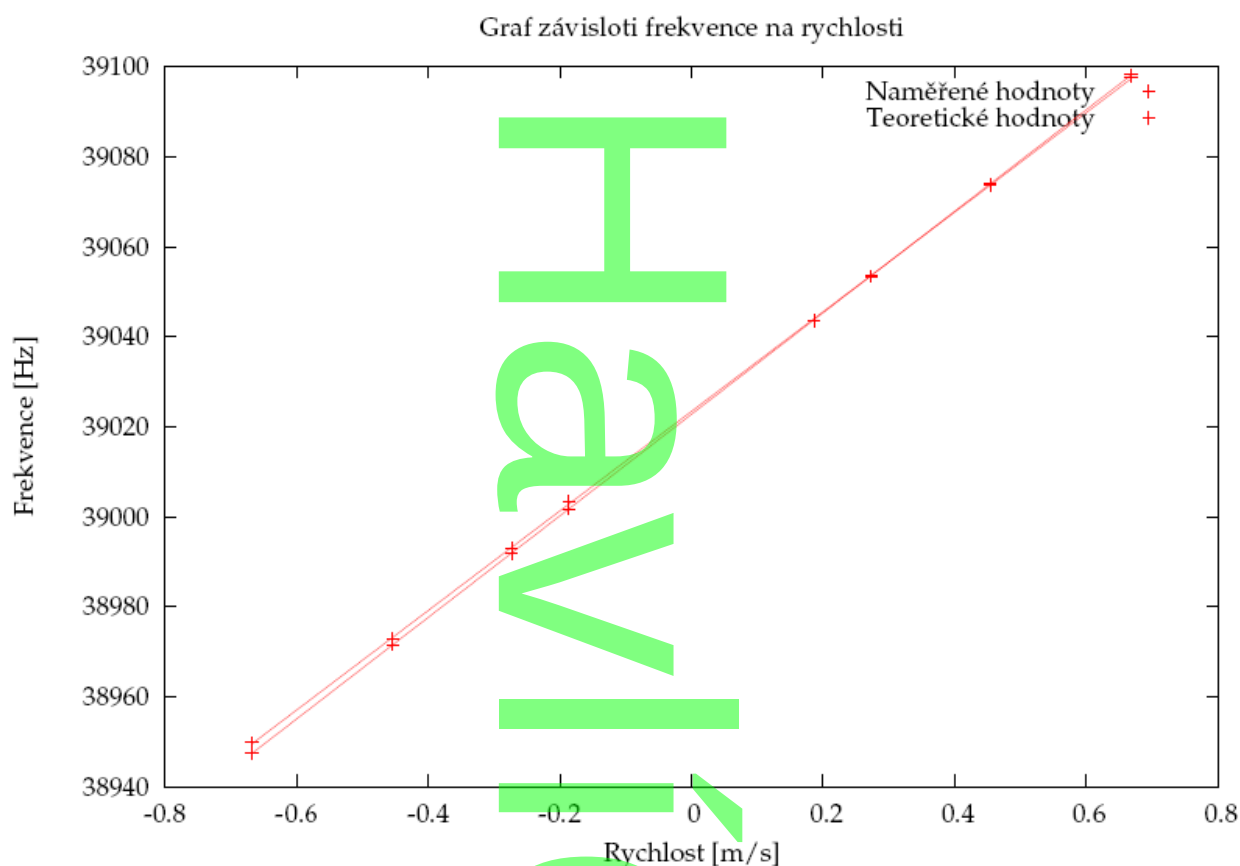
Vztah pro frekvenci přibližujícího se a vzdalujícího se zdroje:

$$f' = \frac{c}{c - v_z} \cdot f \quad f' = \frac{c}{c + v_z} \cdot f$$

V klidu jsme naměřili frekvenci  $f = (39022,70 \pm 0,28) \text{ Hz}$  budeme ji tedy považovat za frekvenci zdroje a vypočítáme teoretické frekvence pro naměřené rychlosti. Rychlost zvuku  $c \approx 345,853 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  jsme si již vypočítali.

Teoretické frekvence [Hz]							
4,5V; 0,186 m·s <sup>-1</sup>		6V; 0,273 m·s <sup>-1</sup>		9V; 0,454 m·s <sup>-1</sup>		12V; 0,668 m·s <sup>-1</sup>	
K poz.	Od poz.	K poz.	Od poz.	K poz.	Od poz.	K poz.	Od poz.
39043,70	39001,72	39053,53	38991,92	39073,99	38971,54	39098,22	38947,47

## Srovnání teoretických a naměřených hodnot



## Závěr

Jak je vidět na předcházejícím grafu, změřené a vypočtené hodnoty se téměř neliší, měření se nám tedy podařilo zrealizovat velmi přesně. Dopplerův jev se zřetelně projevil již při těchto nízkých rychlostech. Je příjemné vidět hezké výsledky.