

**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 pro vláček, vláček, počítač s programem Measure, laserová optická závora, 10 cm černá destička.

**Naměřené hodnoty:**

Teplota:

$$t = 23 [^{\circ} \text{C}]$$

Výpočet rychlosti zvuku:

$$c = t \cdot 0,61 + 331,06 [m \cdot s^{-1}]$$

$$c = 345,395 [m \cdot s^{-1}]$$

Proměření rychlosti frekvence stojícího přijímače i vysílače ultrazvukových vln:

$$f = 39023 [Hz]$$

**Měření rychlosti vláčku pro jednotlivá napětí:**

1) pro napětí 4,5 [V]

Xi	Dopředu [m/s]	Dozadu [m/s]
1	0,196	0,181
2	0,201	0,18
3	0,199	0,178
4	0,194	0,18
5	0,197	0,182
Průměr:	0,1974	0,1802

Vzorec pro výpočet průměrné hodnoty:

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

Kde  $x_i$  značí jednotlivé měření a  $n$  je počet měření.

2) pro napětí 7,5 [V]

Xi	Dopředu [m/s]	Dozadu [m/s]
1	0,4	0,351
2	0,401	0,355
3	0,403	0,36
4	0,401	0,366
5	0,41	0,368
6	0,409	0,373
7	0,419	0,372
8	0,42	0,374
9	0,416	0,374
10	0,421	0,374
Průměr:	0,41	0,3667

3) pro napětí 12 [V]

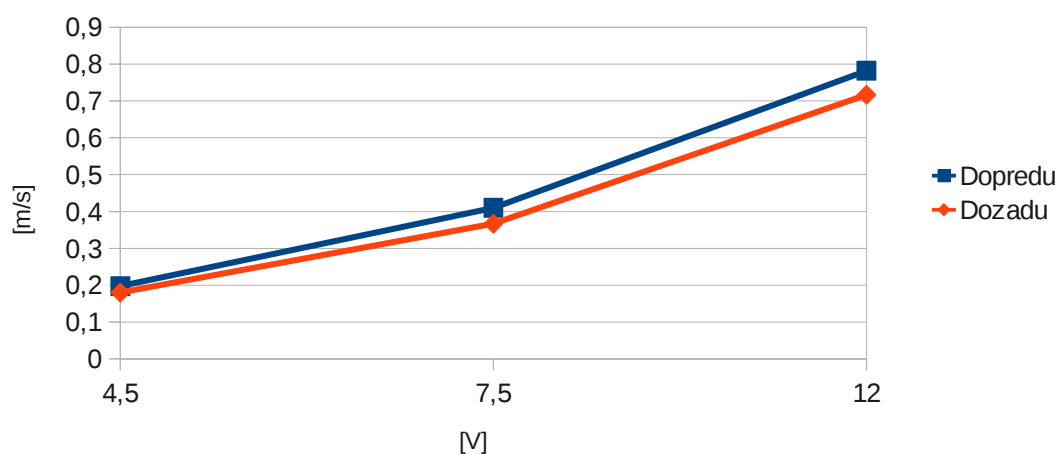
Xi	Dopředu [m/s]	Dozadu [m/s]
1	0,761	0,702
2	0,772	0,716
3	0,781	0,716
4	0,796	0,717
5	0,8	0,732
Průměr:	0,782	0,7166

Tabulka s přehledem průměrných hodnot:

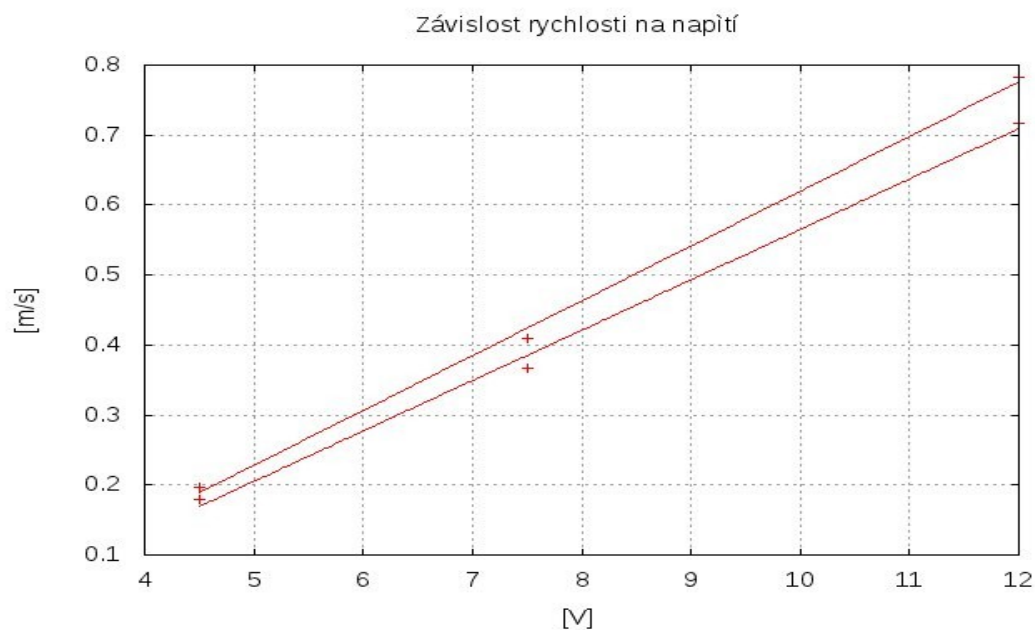
Napětí [V]	Dopředu [m/s]	Dozadu [m/s]
4,5	0,1974	0,1802
7,5	0,41	0,3667
12	0,782	0,7166

Graf znázorňující závislost rychlosti vláčku na napětí:

Závislost rychlosti na napětí



Pozn.: Je vidět, že zdroj napětí není ideální a že může mít různé odchylky na nastavených hodnotách. Jinak by měla být grafem přímka s určitou směrnici. Také je vidět, že elektromotor ve vláčku jede pomaleji jedním směrem, tento směr předpokládám, že je dozadu.



Naměřené hodnoty frekvence pro pohybující se vysílač a stojící přijímač ultrazvukových vln:

1) Měření pro rychlost vláčku při napětí 4,5 [V]

Xi	Dopředu [Hz]	Dozadu [Hz]
1	39044	39003
2	39045	39002
3	39045	39002
4	39045	39003
5	39046	39003
Průměr:	39045	39002,6

2) Měření pro rychlost vláčku při napětí 7,5 [V]

Xi	Dopředu [Hz]	Dozadu [Hz]
1	39068	38984
2	39068	38984
3	39068	38981
4	39069	38982
5	39069	38981
Průměr:	39068,4	38982,4

3) Měření pro rychlost vláčku při napětí 12 [V]

Xi	Dopředu [Hz]	Dozadu [Hz]
1	39111	38942
2	39110	38944
3	39113	38938
4	39115	38938
5	39114	38940
Průměr:	39112,6	38940,4

Souhrnný přehled průměrných hodnot:

Rychlost [m/s]	Dopředu [Hz]
0,1974	39045
0,41	39068,4
0,782	39112,6

Rychlost [m/s]	Dozadu [Hz]
0,1802	39002,6
0,3667	38982,4
0,7166	38940,4

Pozn.: Směrem dopředu v tuto chvíli myslím pohyb, kdy se zdroj vlnění přibližuje ke stojícímu přijímači a směr dozadu značí pohyb, při kterém se zdroj vlnění vzdaluje od stojícího přijímače.

Vztah pro frekvence přibližujícího se zdroje:

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

Po dosazení do vztahu:

$$39045 = \frac{345,395}{345,395 - 0,1974} \cdot f$$

$$f = 39022,685 [Hz] \div 39023 [Hz]$$

Tuto hodnotu jsme naměřili pro stojící vysílač i přímač.

Vztah pro frekvenci vzdalujícího se zdroje:

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

Po dosazení do vztahu:

$$39002,6 = \frac{345,395}{345,395 + 0,1802} \cdot f$$

$$f = 39022,948 [Hz] = 390023 [Hz]$$

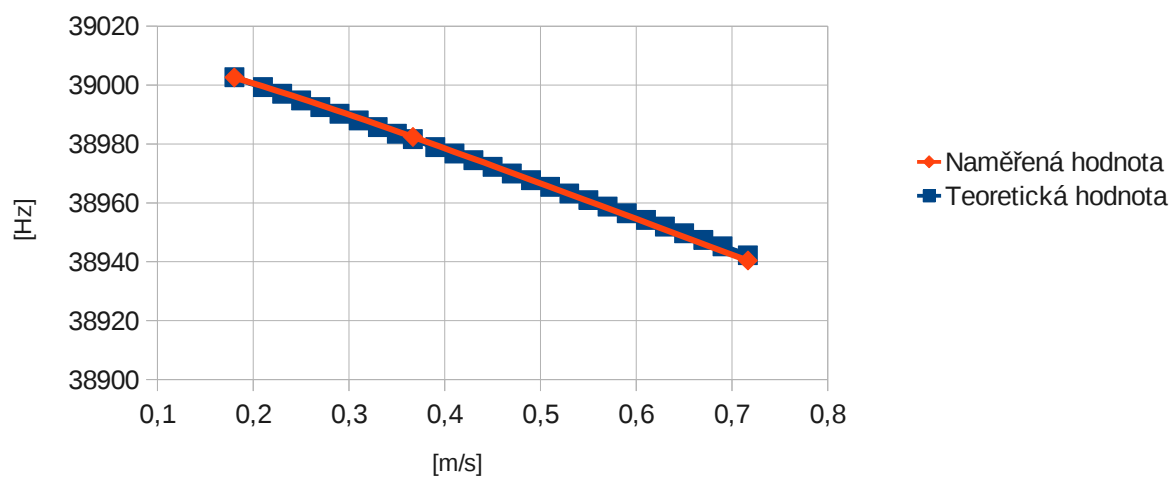
Opět je hodnota přibližně stejná jako naměřená.

Rychlost [m/s]	Teoretická [Hz]	Naměřená [Hz]
0,1974	39045,32	39045
0,21	39046,74	
0,23	39049,00	
0,25	39051,27	
0,27	39053,53	
0,29	39055,79	
0,31	39058,06	
0,33	39060,32	
0,35	39062,58	
0,37	39064,85	
0,39	39067,11	
0,41	39069,38	39068,4
0,43	39071,64	
0,45	39073,91	
0,47	39076,17	
0,49	39078,44	
0,51	39080,71	
0,53	39082,97	
0,55	39085,24	
0,57	39087,51	
0,59	39089,77	
0,61	39092,04	
0,63	39094,31	
0,65	39096,58	
0,67	39098,84	
0,69	39101,11	
0,71	39103,38	
0,73	39105,65	
0,75	39107,92	
0,77	39110,19	
0,782	39111,55	39112,6

Rychlost [m/s]	Teoretická [Hz]	Naměřená [Hz]
0,1802	39002,65	39002,6
0,21	38999,29	
0,23	38997,03	
0,25	38994,78	
0,27	38992,52	
0,29	38990,26	
0,31	38988,01	
0,33	38985,75	
0,35	38983,50	
0,3667	38981,61	38982,4
0,39	38978,99	
0,41	38976,73	
0,43	38974,48	
0,45	38972,22	
0,47	38969,97	
0,49	38967,72	
0,51	38965,46	
0,53	38963,21	
0,55	38960,96	
0,57	38958,71	
0,59	38956,46	
0,61	38954,20	
0,63	38951,95	
0,65	38949,70	
0,67	38947,45	
0,69	38945,20	
0,7166	38942,21	38940,4

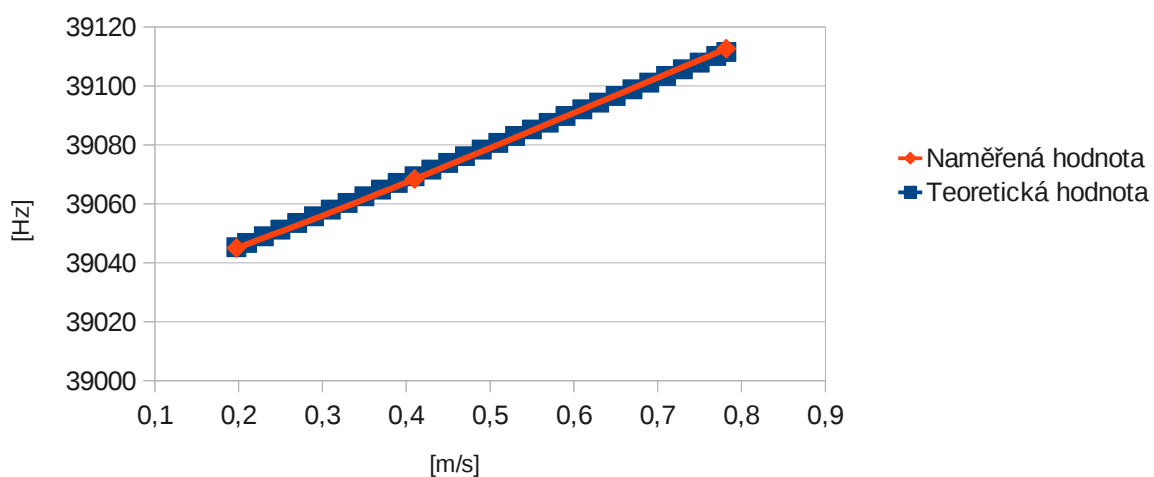
## Porovnání teoretických a naměřených hodnot

Pro vzdalující se zdroj



## Porovnání teoretických a naměřených hodnot

Pro přibližující se zdroj



Naměřené hodnoty frekvence pro pohybující se přijímač a stojící vysílač ultrazvukových vln:

## 1) Měření pro rychlost vláčku při napětí 4,5 [V]

Xi	Dopředu [Hz]	Dozadu [Hz]
1	39045	39005
2	39043	39004
3	39044	39004
4	39045	39004
5	39046	39003
Průměr:	39044,6	39004

## 2) Měření pro rychlost vláčku při napětí 7,5 [V]

Xi	Dopředu [Hz]	Dozadu [Hz]
1	39068	38983
2	39069	38983
3	39069	38982
4	39069	38981
5	39069	38981
Průměr:	39068,8	38982

## 3) Měření pro rychlost vláčku při napětí 12 [V]

Xi	Dopředu [Hz]	Dozadu [Hz]
1	39107	38946
2	39107	38944
3	39110	38943
4	39111	38941
5	39113	38942
Průměr:	39109,6	38943,2

Souhrnný přehled průměrných hodnot:

Rychlost [m/s]	Dopředu [Hz]
0,1974	39044,6
0,41	39068,8
0,782	39109,6

Vztah pro frekvence přibližujícího se přijímače:

$$f' = \frac{c + v_p}{c} \cdot f$$

Po dosazení do vztahu :

$$39044,6 = \frac{345,395 + 0,1974}{345,395} \cdot f$$

$$f = 39022,298 [Hz] \doteq 39023 [Hz]$$

Tuto hodnotu jsme naměřili  
pro stojící vysílač i přijímač.

Rychlost [m/s]	Dozadu [Hz]
0,1802	39004
0,3667	38982
0,7166	38943,2

Vztah pro frekvenci vzdalujícího se zdroje:

$$f' = \frac{c - v_p}{c} \cdot f$$

Po dosazení do vztahu :

$$39002,6 = \frac{345,395 - 0,1802}{345,395} \cdot f$$

$$f = 39022,959 [Hz] \doteq 39023 [Hz]$$

Opět je hodnota přibližně stejná jako naměřená.

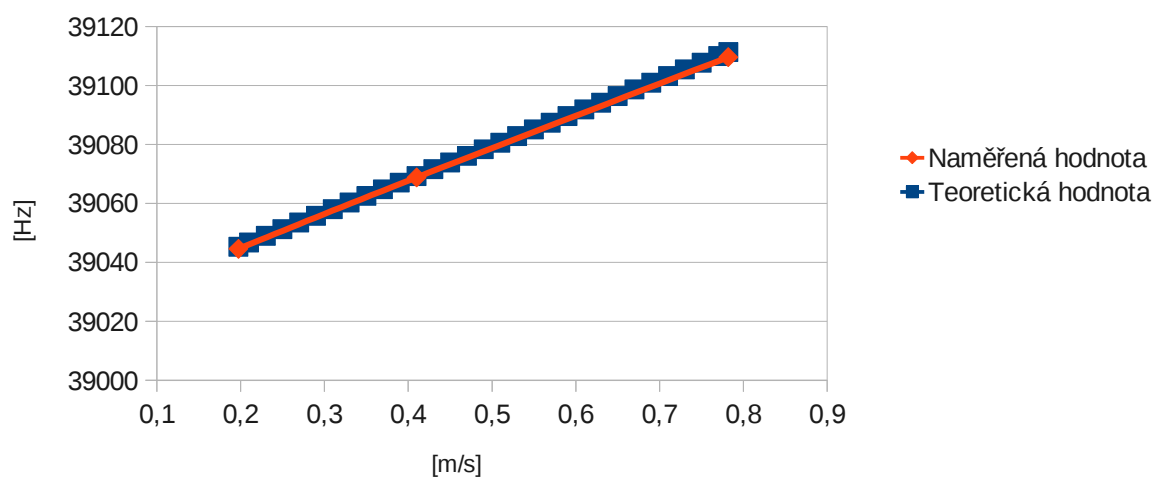
Rychlost [m/s]	Teoretická [Hz]	Naměřená [Hz]
0,1974	39045,30	39044,6
0,21	39046,73	
0,23	39048,99	
0,25	39051,25	
0,27	39053,50	
0,29	39055,76	
0,31	39058,02	
0,33	39060,28	
0,35	39062,54	
0,37	39064,80	
0,39	39067,06	
0,41	39069,32	39068,8
0,43	39071,58	
0,45	39073,84	
0,47	39076,10	
0,49	39078,36	
0,51	39080,62	
0,53	39082,88	
0,55	39085,14	
0,57	39087,40	
0,59	39089,66	
0,61	39091,92	
0,63	39094,18	
0,65	39096,44	
0,67	39098,70	
0,69	39100,96	
0,71	39103,22	
0,73	39105,48	
0,75	39107,74	
0,77	39110,00	
0,782	39111,35	39109,6

Rychlost [m/s]	Teoretická [Hz]	Naměřená [Hz]
0,1802	39002,64	39004
0,21	38999,27	
0,23	38997,01	
0,25	38994,75	
0,27	38992,50	
0,29	38990,24	
0,31	38987,98	
0,33	38985,72	
0,35	38983,46	
0,3667	38981,57	38982
0,39	38978,94	
0,41	38976,68	
0,43	38974,42	
0,45	38972,16	
0,47	38969,90	
0,49	38967,64	
0,51	38965,38	
0,53	38963,12	
0,55	38960,86	
0,57	38958,60	
0,59	38956,34	
0,61	38954,08	
0,63	38951,82	
0,65	38949,56	
0,67	38947,30	
0,69	38945,04	
0,7166	38942,04	38943,2



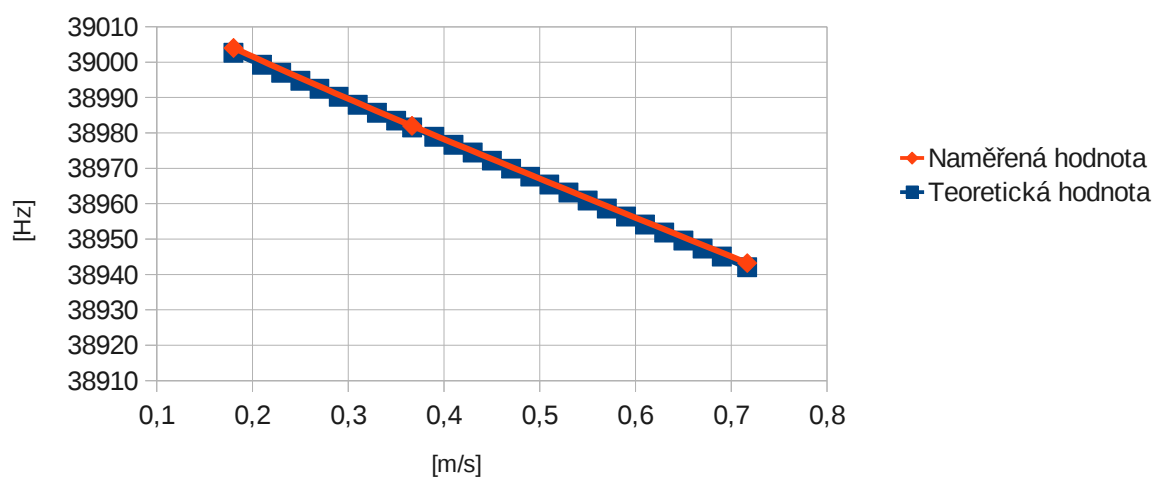
## Porovnání teoretických a naměřených hodnot

Pro přibližující se přijímač



## Porovnání teoretických a naměřených hodnot

Pro vzdalující se přijímač



**Závěr:**

Úloha se mi velice líbila a byla moc poučná. Měření bylo relativně přesné, odhadoval bych přesnost měření kolem  $\pm 2$  Hz. Nevím jak by se tato přesnost změnila při jiném rozsahu hodnot rychlosti, pravděpodobně by se přesnost mohla o trochu zhoršit. Tento jev se využívá například k měření rychlosti. Policejní radary na měření rychlosti mají přesnost  $\pm 3$  km/h.