

Základní experimenty akustiky

Jakub Kákona, kaklik@mlab.cz

Abstrakt

Obsahem je popis několika metod pro měření rychlosti zvuku, rezonančních frekvencí, vlnové délky a shrnutí jejich výsledků.

1 Úvod

1. Domácí úkol.
2. Spočítejte vlastní frekvenci struny v praktiku a změřte její harmonické frekvence, z nich dopočítejte lineární hustotu struny.
3. Najděte základní a vyšší harmonické frekvence v Kundtově trubici. Ze známé délky trubice dopočítejte rychlost zvuku.
4. Pro 10 různých frekvencí hledejte interferenční minima prodlužováním a zkracováním Quinckovy trubice. Vyneste do grafu závislost vlnové délky zvuku na rezonanční frekvenci. Z naměřených údajů dopočítejte rychlost zvuku.
5. Najděte vlastní frekvence Helmholtzova dutinového rezonátoru. Vyneste závislost vlastní frekvence na objemu rezonátoru.
6. Proveďte furierovu analýzu základních signálů. (pila, trojúhelník, obdélník)
7. Pomocí vícekanálového generátoru signály syntetizujte.

2 Postup měření

2.1 struna

Začali jsme hledáním harmonických frekvencí struny v praktiku. Podle teoretického výpočtu z hodnot lineární hustoty uvedené v [1] nam vyšla rezonanční frekvence $f_0 = 24[Hz]$. Skutečné naměřené hodnoty ale shrnuje tabulka 1.

Při regresi těchto hodnot fyzikální závislosti $f = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{F}{\rho}}$, kde $F = 4,91[N]$, jsme zjistili, že skutečná hodnota lineární hustoty struny vychází spíše o něco větší $0.00268[kg/m]$.

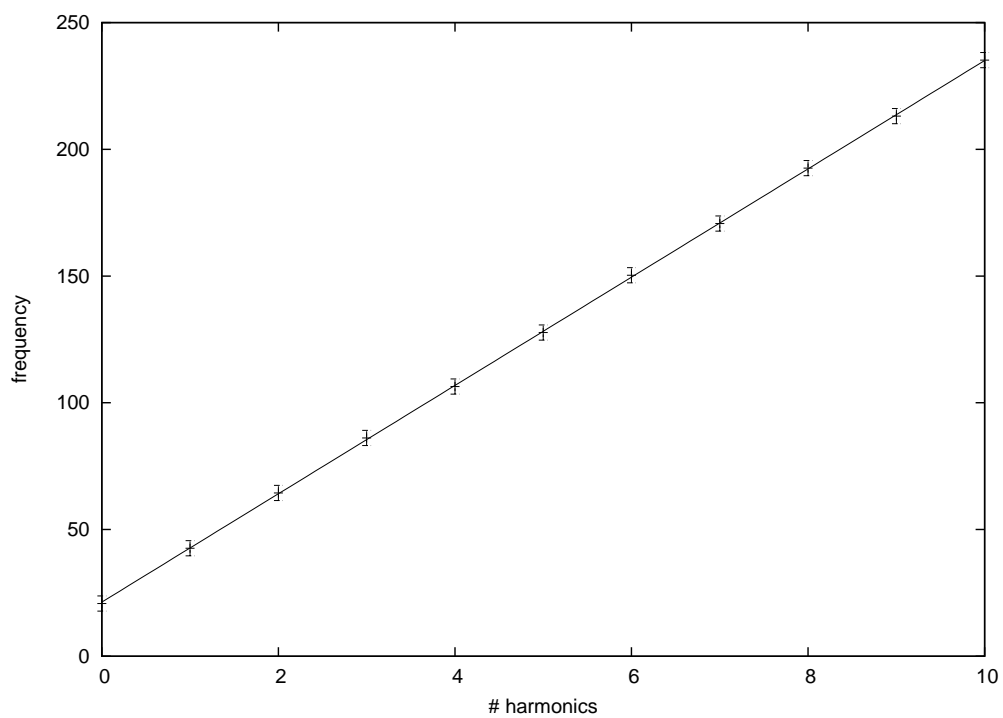
2.2 Kundtova trubice

Další úkol byl principiálně podobný s tím rozdílem, že se jednalo o podélné vlnění v Kundtově trubici a naměřené výsledky uvádí tabulka 2.

Rychlost zvuku byla dopočtena použitím výrazu $v_z = \frac{2fL}{k}$.

Tabulka 1: Rezonanční frekvence 1,316m dlouhé struny

Harmonická	Frekvence [Hz]
0	20,8
1	42,6
2	64,4
3	86,1
4	106,4
5	127,7
6	150,3
7	170,7
8	192,6
9	213,1
10	235,2



Obrázek 1: Harmonické frekvence struny

Tabulka 2: Rezonanční frekvence 70cm Kundtovy trubice

Harmonická	Frekvence [Hz]	Rychlost zvuku [m/s]
0	287,2	402,08
1	459,7	321,79
2	642	299,6
3	810	283,5
4	1059,8	296,74

2.3 Quinckova trubice

Následovalo měření vlnové délky v Quinckově trubici.

Tabulka 3: Hodnoty z měření Quinckovy trubice

Frekvence [Hz]	Minima	Vzdálenost [cm]	Vlnová délka [m]	Rychlost zvuku [m/s]
5733	6	18,5	0,0612	303,03
5441,7	7	22	0,0629	342,05
5199	7	23,5	0,0671	349,08
5040,6	7	25	0,0714	360,04
4910,2	6	21	0,0700	343,71
4743,5	6	22	0,0733	347,86
4580	6	23	0,0767	351,13
4200	5	21	0,0840	352,8
3900	5	22,5	0,0900	351
3200	5	27	0,1080	345,6

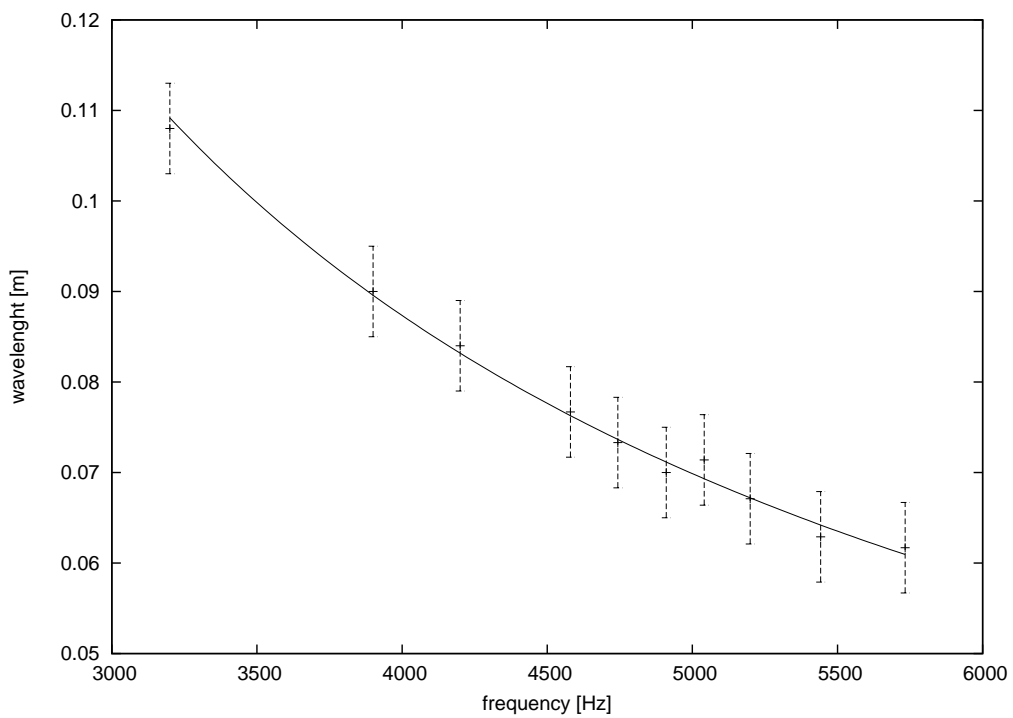
Proložením dat z tabulky 3 funkcí $l = \frac{v_z}{f}$ byla získána hodnota rychlosti zvuku $v_z = (349.379 \pm 2[m/s])$.

2.4 Helmholtzův rezonátor

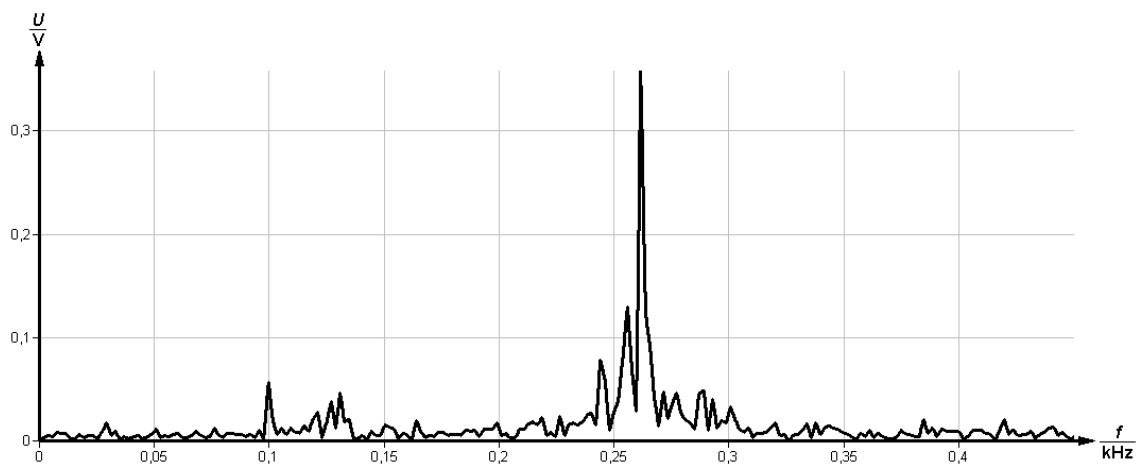
Rezonanci Helmholtzova rezonátoru jsme určovali z frekvenčního spektra zvuku uvnitř rezonanční baňky. Předpokládali jsme, že zvuk v místnosti můžeme z hlediska tohoto experimentu pokládat za dostatečně kvalitní šum.

2.5 Fourierův rozklad

Při tomto úkolu jsme využili znalosti Fourierovi analýzy k získání amplitud frekvenčních složek základních signálů. Ty jsme pak použili k jejich syntéze ne multikanálovém generátoru.



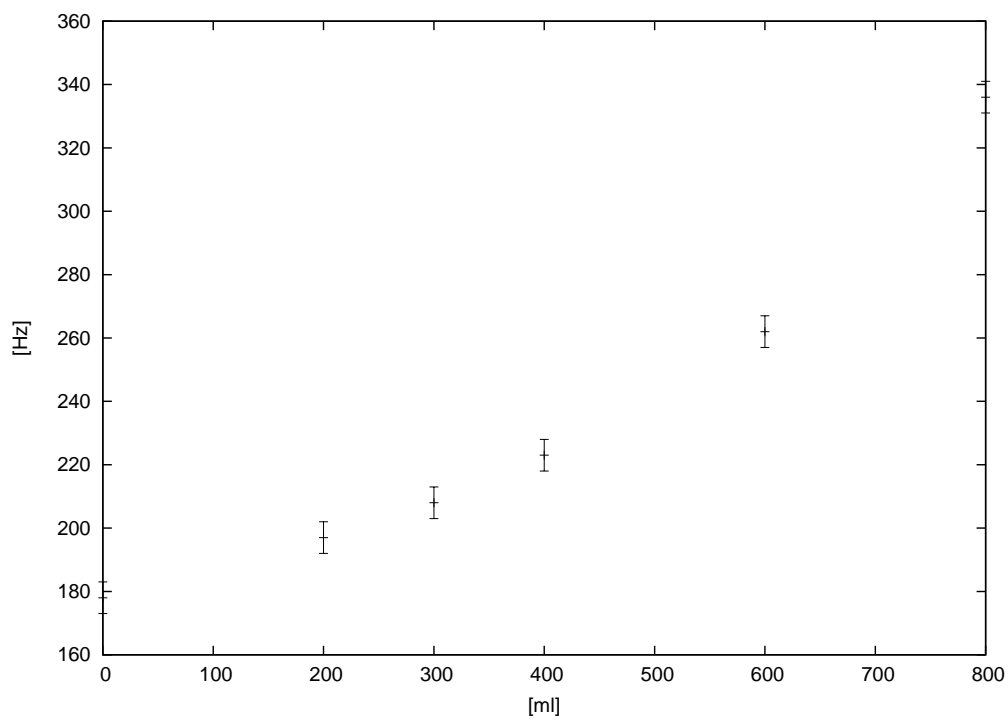
Obrázek 2: Závislost vlnové délky na frekvenci v Quinckově trubici



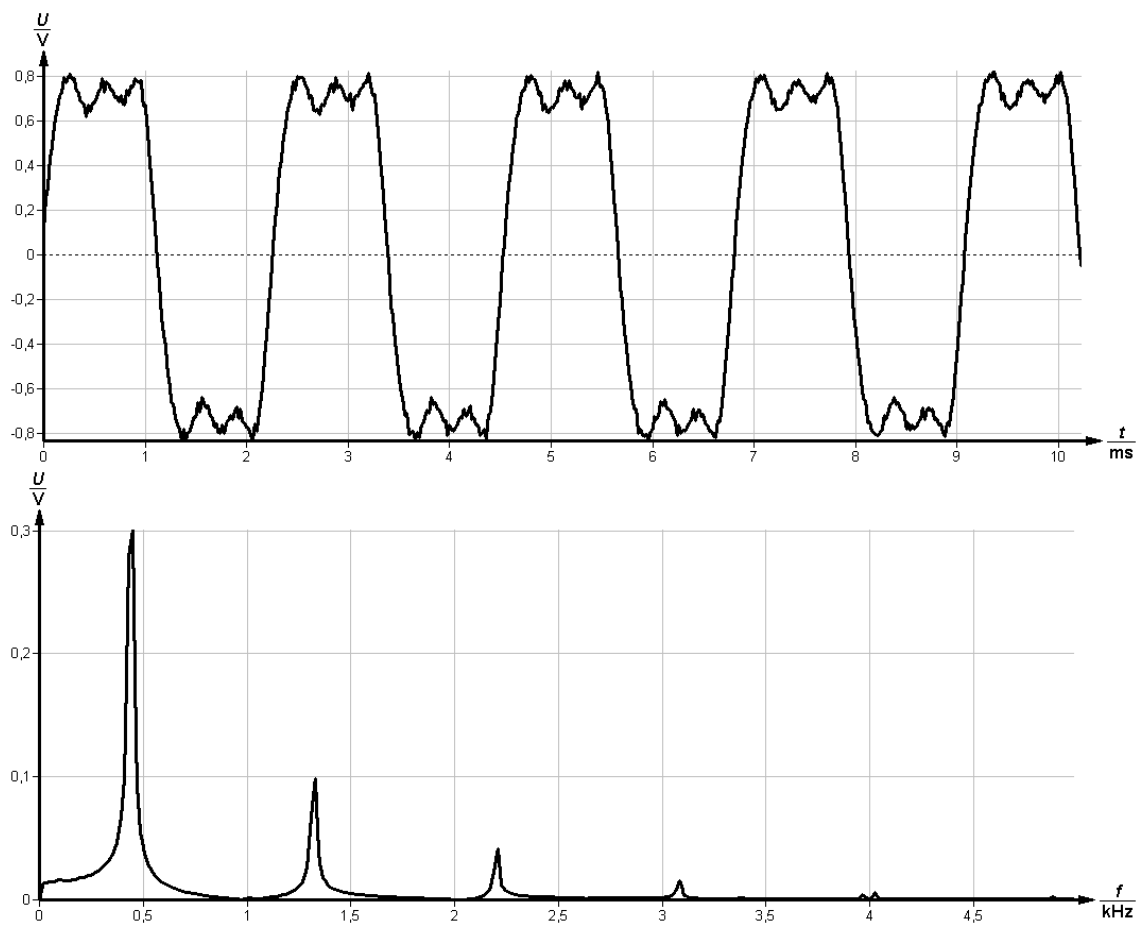
Obrázek 3: Frekvenční spektrum baňky obsahující 600ml vody.

Tabulka 4: Rezonance Helmholtzova rezonátoru (laboratorní baňky) v závislosti na objemu vlité vody

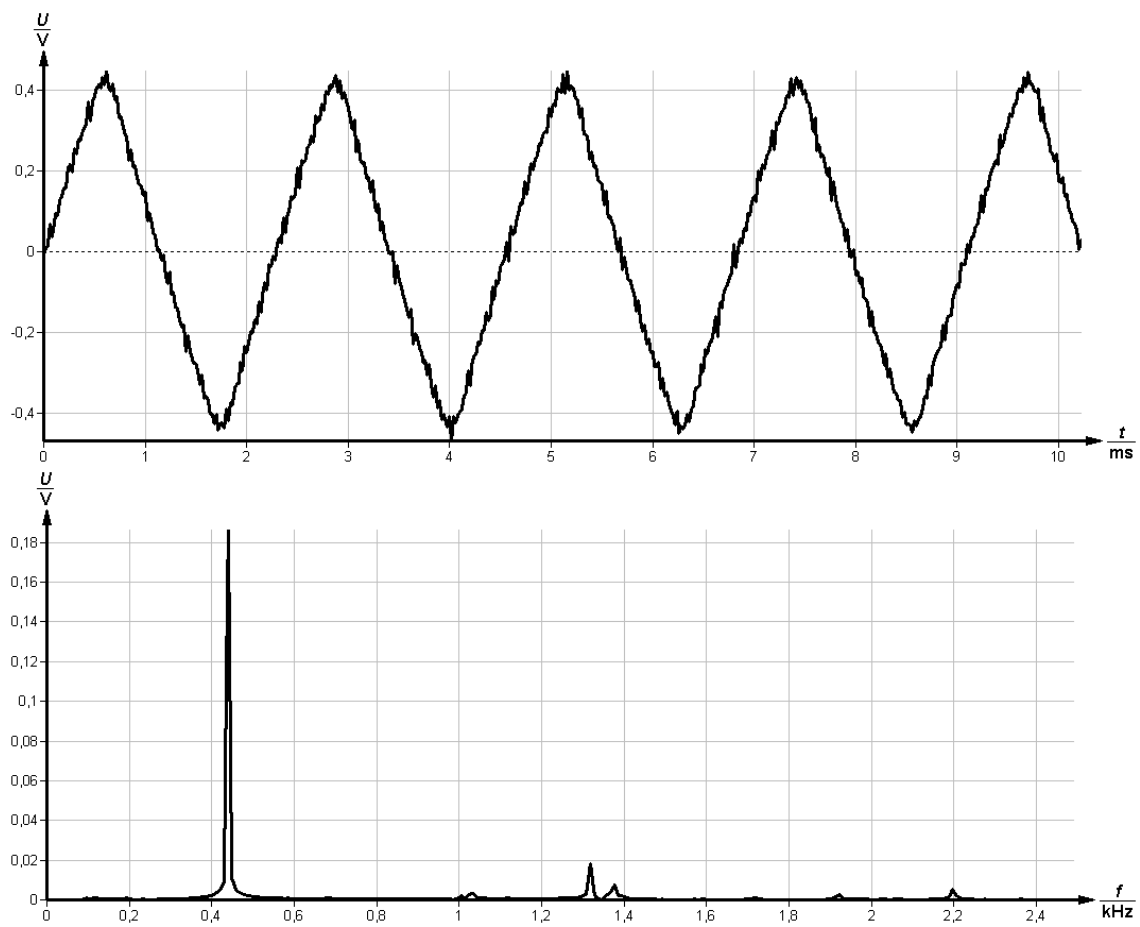
Objem vody	Rezonance [Hz]
0	178
200	197
300	208
400	223
600	262
800	336



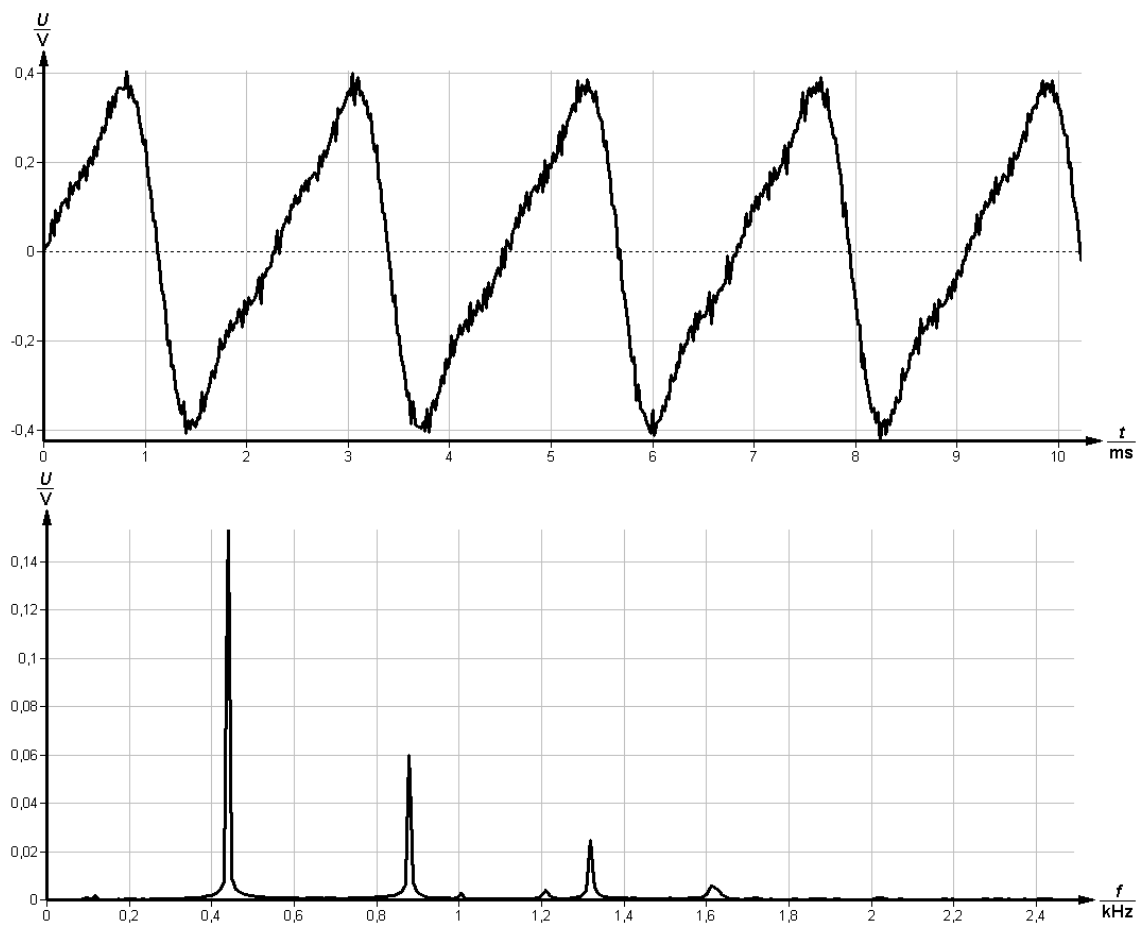
Obrázek 4: Závislost rezonanční frekvence Helmholtzova oscilátoru na objemu vlité vody



Obrázek 5: Syntezovaný obdélník a jeho frekvenční spektrum



Obrázek 6: Syntezovaný trojúhelník a jeho frekvenční spektrum



Obrázek 7: Syntezovaná píla a její frekvenční spektrum

3 Diskuse

Většina naměřených dat se zdá být poměrně přesná, výjimkou je měření rychlosti zvuku, v Kundtově trubici, neboť zde bylo velkým problémem určit jednotlivé rezonance harmonických. Důvodem je nejspíše značně nehomogenní prostředí v trubici, které generuje v signálu značné množství dalších nežádoucích poruch. Největším defektem zřejmě je pochybně uzavřený konec trubice, který způsobuje, že tlakové kmitny při změně frekvence cestují po trubici. Navíc samotný výkon reproduktoru, je vzhledem k citlivosti mikrofonu poměrně slabý (je možné, že to ale byl důsledek vybité baterie v zesilovači mikrofonu).

Závěr

Měření byly v podstatě potvrzeny tabulkové hodnoty rychlostí zvuku a ověřeny rezonanční vlastnosti vlnění.

Reference

- [1] Zadání úlohy 9 - Základní experimenty akustiky. <http://fyzika.fjfi.cvut.cz/Praktika/Akustika/akustikaPRA.pdf>.
- [2] Vlnění optika a atomoavá fyzika. <http://www.fjfi.cvut.cz/files/k402/files/skripta/voaf/VOAF2008>.