

## 1. Úkoly měření

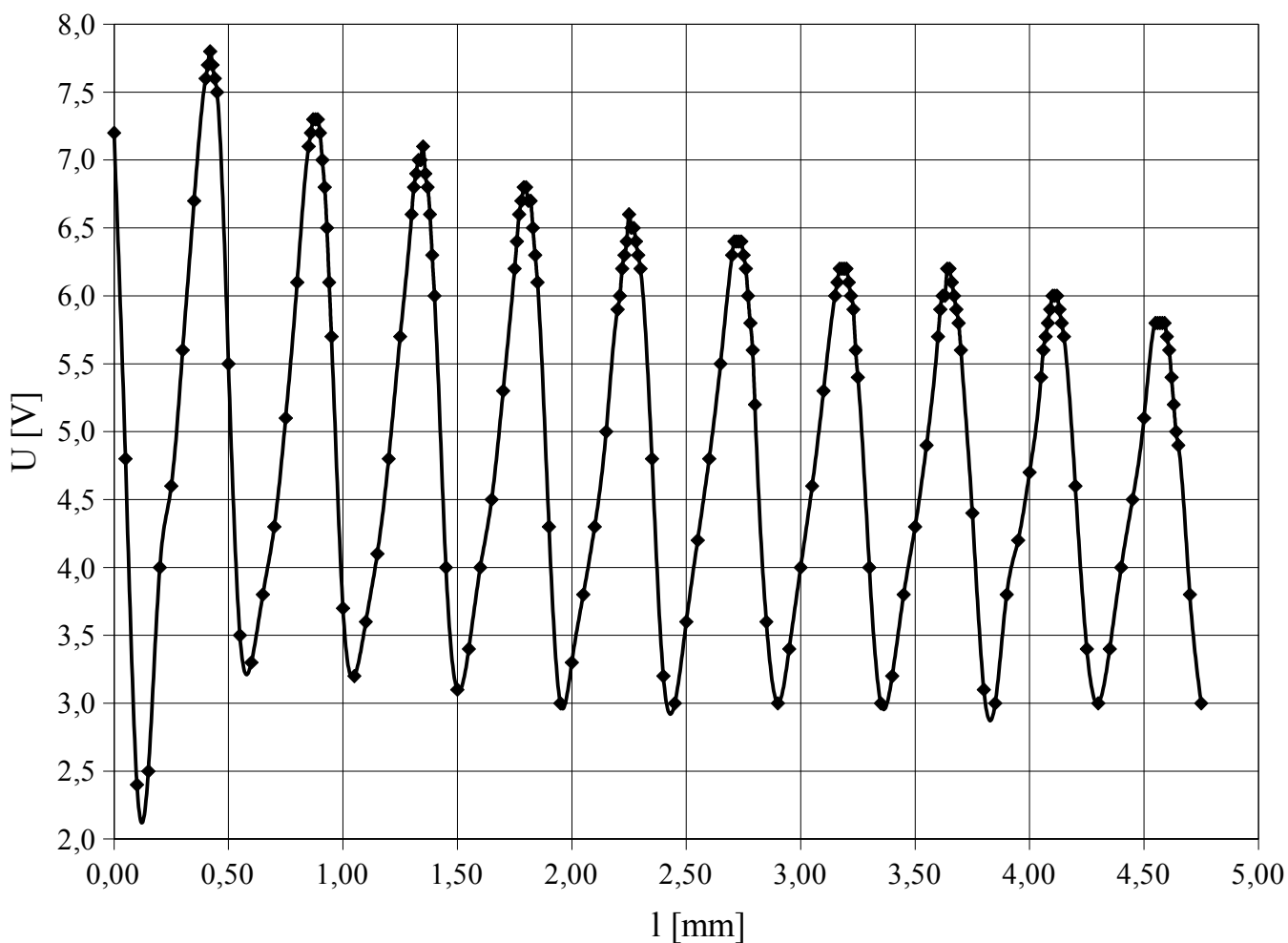
- Změřte závislost napětí na měniči na vzdálenosti reflektoru. Tuto závislost zobrazte graficky a určete tak vlnovou délku ultrazvukových vln v dimethylftalátu.
- Vypočítejte rychlost šíření zvuku v dimethylftalátu a určete modul objemové pružnosti.
- Pozorujte zobrazení zvukových vln v interferometrické komůrce optickou metodou.

## 2. Použité přístroje a pomůcky

- Ultrazvukový generátor s komůrkou
- Optické lavice
- Voltmetr

## 3. Naměřené hodnoty

- Grafické zpracování naměřených hodnot



## b) Tabulka naměřených hodnot

l [mm]	U [V]	l [mm]	U [V]	l [mm]	U [V]	l [mm]	U [V]	l [mm]	U [V]
0,00	7,2	1,05	3,2	2,05	3,8	3,05	4,6	4,05	5,4
0,05	4,8	1,10	3,6	2,10	4,3	3,10	5,3	4,06	5,6
0,10	2,4	1,15	4,1	2,15	5,0	3,15	6,0	4,07	5,7
0,15	2,5	1,20	4,8	2,20	5,9	3,16	6,1	4,08	5,8
0,20	4,0	1,25	5,7	2,21	6,0	3,17	6,2	4,09	5,9
0,25	4,6	1,30	6,6	2,22	6,2	3,18	6,2	4,10	6,0
0,30	5,6	1,31	6,8	2,23	6,3	3,19	6,2	4,11	6,0
0,35	6,7	1,32	6,9	2,24	6,4	3,20	6,2	4,12	6,0
0,40	7,6	1,33	7,0	2,25	6,6	3,21	6,1	4,13	5,9
0,41	7,7	1,34	7,0	2,26	6,5	3,22	6,0	4,14	5,8
0,42	7,8	1,35	7,1	2,27	6,5	3,23	5,9	4,15	5,7
0,43	7,7	1,36	6,9	2,28	6,4	3,24	5,6	4,20	4,6
0,44	7,6	1,37	6,8	2,29	6,3	3,25	5,4	4,25	3,4
0,45	7,5	1,38	6,6	2,30	6,2	3,30	4,0	4,30	3,0
0,50	5,5	1,39	6,3	2,35	4,8	3,35	3,0	4,35	3,4
0,55	3,5	1,40	6,0	2,40	3,2	3,40	3,2	4,40	4,0
0,60	3,3	1,45	4,0	2,45	3,0	3,45	3,8	4,45	4,5
0,65	3,8	1,50	3,1	2,50	3,6	3,50	4,3	4,50	5,1
0,70	4,3	1,55	3,4	2,55	4,2	3,55	4,9	4,55	5,8
0,75	5,1	1,60	4,0	2,60	4,8	3,60	5,7	4,56	5,8
0,80	6,1	1,65	4,5	2,65	5,5	3,61	5,9	4,57	5,8
0,85	7,1	1,70	5,3	2,70	6,3	3,62	6,0	4,58	5,8
0,86	7,2	1,75	6,2	2,71	6,4	3,63	6,0	4,59	5,8
0,87	7,3	1,76	6,4	2,72	6,4	3,64	6,2	4,60	5,7
0,88	7,3	1,77	6,6	2,73	6,4	3,65	6,2	4,61	5,6
0,89	7,3	1,78	6,7	2,74	6,4	3,66	6,1	4,62	5,4
0,90	7,2	1,79	6,8	2,75	6,3	3,67	6,0	4,63	5,2
0,91	7,0	1,80	6,8	2,76	6,2	3,68	5,9	4,64	5,0
0,92	6,8	1,81	6,7	2,77	6,0	3,69	5,8	4,65	4,9
0,93	6,5	1,82	6,7	2,78	5,8	3,70	5,6	4,70	3,8
0,94	6,1	1,83	6,5	2,79	5,6	3,75	4,4	4,75	3,0
0,95	5,7	1,84	6,3	2,80	5,2	3,80	3,1		
1,00	3,7	1,85	6,1	2,85	3,6	3,85	3,0		
		1,90	4,3	2,90	3,0	3,90	3,8		
		1,95	3,0	2,95	3,4	3,95	4,2		
		2,00	3,3	3,00	4,0	4,00	4,7		

## c) Tabulka maxim a jejich vzdáleností

l [mm]	U [V]	l [mm]	U [V]
0,42	7,8	2,72	6,4
0,88	7,3	3,18	6,2
1,35	7,1	3,65	6,2
1,80	6,8	4,11	6,0
2,25	6,6	4,57	5,8

## d) Výpočet vzdálenosti dvou maxim

- obecný vzorec pro výpočet (postupná metoda)

$$\bar{l} = \frac{1}{k} \left( \frac{l_{k+1} - l_1}{k} + \frac{l_{k+2} - l_2}{k} + \frac{l_{k+3} - l_3}{k} + \frac{l_{k+4} - l_4}{k} + \frac{l_{k+5} - l_k}{k} \right)$$

## Měření rychlosti šíření zvukových vln v kapalině

- po dosazení dostaneme

$$\bar{l} = \frac{1}{5} \left( \frac{2,72 - 0,42}{5} + \frac{3,18 - 0,88}{5} + \frac{3,65 - 1,35}{5} + \frac{4,11 - 1,8}{5} + \frac{4,57 - 2,25}{5} \right)$$

- výsledek

$$\bar{l} = 0,4612 \text{ mm}$$

### e) Výpočet pravděpodobné chyby měření

- obecný vzorec pro výpočet odchylky

$$\Delta_i = \bar{l} - \frac{l_{k+i} - l_i}{k}$$

- tabulka odchylek a jejich druhých mocnin

$l_{i+1} - l_i$	$\Delta_i$	$\Delta_i^2$
2,30	0,0012	0,00000144
2,30	0,0012	0,00000144
2,30	0,0012	0,00000144
2,31	-0,0008	0,00000064
2,32	-0,0028	0,00000784

- pravděpodobnou chybu měření vypočteme ze vztahu

$$\bar{\vartheta} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{k(k-1)}}$$

- po dosazení dostaneme

$$\bar{\vartheta} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{0,0000128}{20}}$$

- výsledek

$$\bar{\vartheta} = 0,00053 \text{ mm}$$

### f) Výpočet vlnové délky ultrazvuku

- obecný vzorec pro výpočet vlnové délky

$$\lambda = 2 \cdot l$$

- po dosazení dostaneme

$$\lambda = 2 \cdot 0,4612$$

- výsledek

$$\lambda = (0,9224 \pm 0,0011) \text{ mm}$$

### g) Výpočet rychlosti šíření zvuku v dimethylftalátu

- obecný vzorec pro výpočet rychlosti šíření zvuku

$$c = \lambda \cdot f$$

- po dosazení dostaneme (frekvence  $f$  je 1568 kHz)

$$c = 0,9224 \cdot 10^{-3} \cdot 1,568 \cdot 10^6$$

- výsledek

$$c = 1446,32 \text{ ms}^{-1}$$

#### h) Výpočet objemové pružnosti

- obecný vzorec pro výpočet objemové pružnosti

$$K = \rho \cdot c^2$$

- po dosazení dostaneme

$$K = 1,19 \cdot 10^3 \cdot 1446,32^2$$

- výsledek

$$K = 1721120,8 \text{ Pa}$$

## 4. Závěr

Vlnová délka ultrazvukových vln v dimethylftalátu je  $(0,9224 \pm 0,0011)$  mm. Šíření těchto vln probíhá rychlostí 1446,32 m/s a modul objemové pružnosti dimethylftalátu je 1,72 MPa. Měření pomocí interferometrie zvukových vln je velmi přesná a chyba měření je tak velmi malá a dá se v podstatě zanedbat. Dalším způsobem, jak lze měřit je pomocí optické metody, kdy zobrazíme zvukové vln v interferometrické komůrce na stínítko. Tuto metodu jsme si vyzkoušeli, avšak její praktické použití by bylo zdlouhavé a velmi nepřesné v porovnání s interferometrickou metodou.