

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

Miroslava Šíroká; Jan Žouželka

Elektroakustická měření rychlosti zvuku v Kundtově trubici

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica, Vol.
6 (1965), No. 1, 171--(175)

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119837>

Terms of use:

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1965

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

*Katedra experimentální fyziky a metodiky fyziky přírodovědecké fakulty.
Vedoucí katedry: Prof. paed. dr. Josef Fuka.*

ELEKTROAKUSTICKÁ MĚŘENÍ RYCHLOSTI ZVUKU V KUNDTOVĚ TRUBICI

MIROSLAVA ŠIROKÁ a JAN ŽOUŽELKA

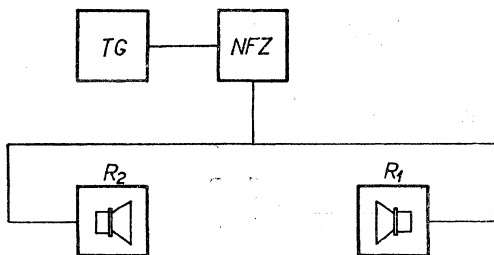
(Předloženo dne 15. dubna 1964)

Shrnutí

V článku popisujeme několik způsobů měření rychlosti zvuku ve skleněných trubiciích jako námět pro modernizaci úloh z akustiky ve fyzikálním praktiku. V první části uvádíme tři způsoby měření rychlosti zvuku při konstantní teplotě. Ve druhé části popisujeme měření rychlosti zvuku v závislosti na teplotě.

1. Měření rychlosti zvuku při stálé teplotě

a) K měření rychlosti zvuku v Kundtově trubici KT můžeme s výhodou použít tónového generátoru, jehož výstupní napětí zesílíme pomocí zesilovače



Obr. 1.

na hladinu vhodnou pro dynamické reproduktory, pomocí nichž pak rozechvějeme vzduchový sloupec v trubici. Při vhodném kmitočtu a délce trubice vznikne v trubici stojaté vlnění. Polohu uzlů a kmiten zviditelníme pomocí práškových obrazců. Blokové schéma pro zapojení tónového generátoru TG , nízkofrekvenčního zesilovače NFZ a reproduktorů R_1 , R_2 je nakresleno na obr. 1. Aby se účinnost reproduktorů

nezmenšovala, připevníme je na jednoduché deskové ozvučnice. Otvory pro šíření zvukových vln volíme podle průměru trubice. Kuželovité zúžení otvorů zajišťuje, aby při manipulaci s trubicí nebyly poškozeny membrány reproduktorů. K měření jsme použili tónového generátoru Tesla BM 365 (přesnost odečítání kmitočtu je $\pm 1,5\%$) a reproduktorů ARV 231 (impedance 10Ω , příkon 1,5 W). Vnitřní průměr skleněné trubice byl 4 cm, délka 150 cm

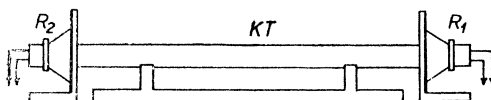
a tloušťka skla 1,4 mm. Na vnější stěnu trubice jsme přilepili délkové měřítko. K zviditelnění stojatého vlnění jsme použili jemný korkový prášek.

Reproduktory s ozvučnicemi přiložíme s obou stran ke *KT* (obr. 2). Při tomto uspořádání je délka vzduchového sloupce stálá a stojaté vlnění zviditelníme jen při určitých kmitočtech. Protože přesnou polohu uzlů a kmiten nemůžeme přesně určit, odečítáme polohu začátku žebrovitého rozložení korkového prášku v okolí kmiten. Vlnovou délku λ změříme postupnou metodou

a rychlost v zvuku v trubici vypočteme ze vztahu $v = f\lambda$, kde f je příslušný kmitočet. Vzhledem k poměrně malé přesnosti odečítání kmitočtu na stupnici tónového generátoru jsme měřili při deseti kmitočtech. Hodnoty rychlosti zvuku, naměřené při teplotě $+24\text{ }^\circ\text{C}$, jsou v tab. I.

Tabulka I

n	λ [cm]	f [Hz]	v [m s ⁻¹]
1	32,83	1055	346,4
2	27,20	1275	346,8
3	23,02	1500	345,3
4	20,13	1720	346,2
5	17,80	1950	347,1
6	15,95	2180	347,7
7	14,33	2410	345,4
8	13,20	2640	348,5
9	12,07	2880	347,6
10	11,17	3110	347,4



Obr. 2.

Z posledního sloupce tab. I plyne pro aritmetický průměr rychlostí zvuku $v = 346,8\text{ m s}^{-1}$.

Výsledek měření porovnáme s hodnotami rychlosti zvuku, vypočtenými z přibližného vztahu

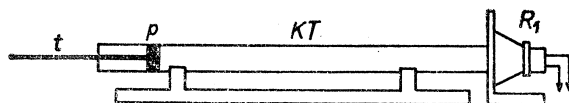
$$v' = (331,8 + 0,61 t)\text{ m s}^{-1} \quad (1)$$

a ze vztahu

$$v'' = 331,8 \sqrt{1 + \gamma t}\text{ m s}^{-1}. \quad (2)$$

Při teplotě $t = 24\text{ }^\circ\text{C}$ je hodnota $v' = 346,4\text{ m s}^{-1}$ a $v'' = 346,1\text{ m s}^{-1}$.

b) Při měření rychlosti zvuku metodou práškových obrazců můžeme postupovat také tak, že pouze k jednomu konci trubice připojíme ozvučnici s reproduktorem a do opačného konce trubice zasunujeme pohyblivý píst p



Obr. 3.

(obr. 3). Měníme-li tímle t délku vzduchového sloupce v trubici, můžeme stojaté vlnění zviditelnit při předem nastavených kmitočtech. Hodnoty rychlosti zvuku takto naměřené (při teplotě $t = 24,5\text{ }^\circ\text{C}$) jsou uvedeny v tab. II.

Výsledná hodnota rychlosti zvuku je $v = 347,1\text{ m s}^{-1}$. Rychlost zvuku vypočtená ze vztahu (1) je $v' = 346,7\text{ m s}^{-1}$; ze vztahu (2) je $v'' =$

Tabulka II

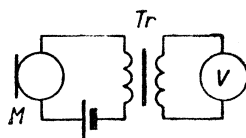
n	λ [cm]	f [Hz]	v [m s ⁻¹]
1	31,45	1100	346,0
2	28,80	1200	345,6
3	26,82	1300	348,7
4	24,80	1400	347,2
5	23,24	1500	348,6
6	21,71	1600	347,4
7	20,40	1700	346,8
8	19,28	1800	347,0
9	18,27	1900	347,1
10	17,35	2000	347,0

Tabulka III

n	λ [cm]	f [Hz]	v [m s ⁻¹]
1	24,64	1400	345,0
2	23,02	1500	345,3
3	21,62	1600	345,9
4	20,35	1700	346,0
5	19,18	1800	345,2
6	18,22	1900	346,2
7	17,25	2000	345,0
8	16,49	2100	346,3
9	15,70	2200	345,4
10	15,03	2300	345,7

= 346,4 m s⁻¹. Při tomto způsobu měření jsou sice práškové obrazce méně výrazné než v předešlém případě, zato však můžeme přesněji nastavit kmitočty.

c) Kromě metody práškových obrazců můžeme zjistit polohu maxim a minim stojatého vlnění v KT pomocí mikrofonu, který upevníme na táhlo místo pístu. Použili jsme mikrofonní vložku z mikrotelefonu, obalenou po obvodě jemnou tkaninou. Schéma zapojení uhlíkového mikrofonu se zdrojem stejnosměrného napětí a s primární cívkou hovorového transformátoru je na obr. 4. Jako indikátoru jsme použili voltmetr Metra DsLi (rozsah 2,4 V), zapojený na sekundární vinutí použitého transformátoru;



Obr. 4.

vnitřní odpor voltmetru je 5000 Ω/V . Vnitřní průměr KT byl 5 cm, délka trubice 150 cm, tloušťka skla 1,4 mm. Naměřené hodnoty (při teplotě $t = 23,5$ °C) jsou uvedeny v tab. III.

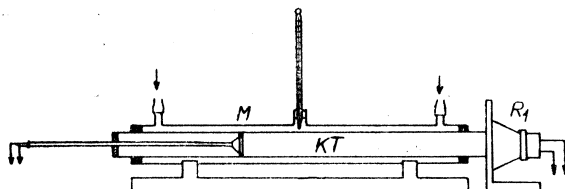
Výsledná hodnota rychlosti zvuku je $v = 345,6$ m s⁻¹. Rychlost zvuku vypočtená ze vztahu (1) je $v' = 346,1$ m s⁻¹, ze vztahu (2) je $v'' = 345,8$ m s⁻¹.

Při tomto způsobu měření vlnové délky zvukových vln (vzhledem k předchozím metodám) můžeme určit polohu maxim a minim stojatého vlnění s větší přesností a vystačíme také s podstatně menším zesílením výstupního napětí TG . Kromě toho vyloučíme vliv korkových pilin na šíření zvukových vln v trubici.

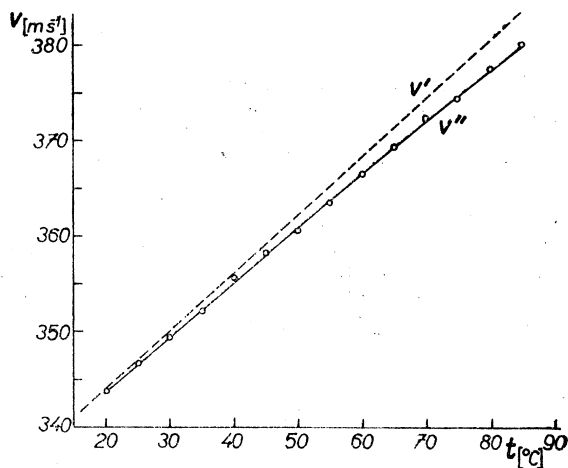
2. Měření rychlosti zvuku v závislosti na teplotě

Měření jsme konali se skleněnou trubicí o vnitřním průměru 5 cm, délky 110 cm a tloušťky skla 1,4 mm. Abychom mohli měnit teplotu vzduchu v trubici, zasunuli jsme ji do další skleněné trubice o vnitřním průměru 6 cm, délky 100 cm, uzavřené gumovým těsněním. V prostoru mezi oběma trubicemi cirkulovala voda, jejíž teplota byla regulována univerzálním termostatem (typ U3, NDR). Aparatura pro měření je znázorněna na obr. 5. K registraci maxim a minim jsme použili metodu popsanou v odst. 1c. Rychlost zvuku v závislosti na teplotě jsme měřili v teplotním intervalu od +20 °C do +85 °C

při kmitočtu $f = 4$ kHz. Naměřené hodnoty rychlosti zvuku jsou uvedeny v tab. IV. Ve třetím a čtvrtém sloupci této tabulky jsou pro srovnání uvedeny rychlosti v' a v'' , vypočtené ze vztahů (1) a (2).



Obr. 5.



Obr. 6.

Tabulka IV

t [°C]	v [m s ⁻¹]	v' [m s ⁻¹]	v'' [m s ⁻¹]
20	343,8	344,0	343,7
25	346,8	347,0	346,7
30	349,4	350,1	349,6
35	352,2	353,2	352,4
40	355,6	356,2	355,3
45	358,2	359,2	358,1
50	360,6	362,3	360,9
55	363,5	365,4	363,7
60	366,4	368,4	366,5
65	369,3	371,4	369,2
70	372,3	374,5	371,9
75	374,3	377,6	374,6
80	377,5	380,6	377,3
85	380,0	383,6	380,0

Grafické znázornění rychlosti zvuku na teplotě je na obr. 6 (čárkovaně rychlost v' , plnou čarou rychlost v''). Naměřené hodnoty jsou vyznačeny kroužky. Z grafu je zřejmé, že k přesnějšímu výpočtu rychlosti zvuku nelze při vyšších teplotách použít vztah (1).

LITERATURA

- [1] Horák, Z.: Praktická fyzika. Praha, 1958. 621 s.
- [2] Horák, Z.—Krupka, F.—Šindelář, V.: Technická fyzika. Praha, 1960. 1435 s.
- [3] Rayleigh, J. W.: Teorie zvuku. Moskva, 1955. 503 + 475 s.
- [4] Strouhal, Č.: Akustika. Praha, 1902. 462 s.
- [5] Zahradníček, J.: Akustika. Brno, 1938. 105 s.

РЕЗЮМЕ

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА В ТРУБКЕ КУНДТА

МИРОСЛАВА ШИРОКА и ЯН ЖОУЖЕЛКА

В статье излагается несколько способов измерения скорости звука в стеклянных трубках как тема для модернизации задач на акустические проблемы в практикуме по физике. В первой части приводятся три способа измерения скорости звука при постоянной температуре. Во второй части описывается измерение скорости звука в зависимости от температуры.

SUMMARY

ELECTRO-ACCOUSTIC MEASUREMENTS OF SOUND VELOCITY IN KUNDT'S TUBE

MIROSLAVA ŠIROKÁ and JAN ŽOUŽELKA

This paper describes several ways of measuring the velocity of sound in glass tubes and is meant as a contribution to the modernization of physics demonstrations.

The first section presents three kinds of measuring the velocity of sound if the temperature is held constant. The second section describes measurements of the velocity of sound and its relation to temperature.