

Václav Petržílka

Demonstrační pokus měření rychlosti zvuku v plynech

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 61 (1932), No. 6, 254--258

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/109425>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1932

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>

Demonstrační pokus měření rychlosti zvuku v plynech.*)

V. Petržílka.

(Došlo 15. září 1931.)

Metody pro měření rychlosti zvuku možno rozdělití ve dvě skupiny: 1. měření rychlosti zvuku ve volném prostoru na velké vzdálenosti, 2. laboratorní měření rychlosti zvuku v trubcích, které slouží jakožto rezonátory. Do této druhé skupiny patří Thiesenova¹⁾ metoda uzavřeného rezonátoru, kterou ještě velmi zdokonalili Grüneisen a Merkel²⁾ a užili jí k přesnému měření rychlosti zvuku ve vzduchu a vodíku. O vhodné úpravě této metody pro účely přednáškové a fyzikálního praktika podávají zprávu následující řádky.

Princip metody.

V uzavřené trubici, která je spojena se zdrojem zvuku velmi malým otvorem, uvedeme vzduch do resonance; z délky trubice d a z výšky tónu o frekvenci f vypočteme rychlost zvuku v podle vzorce:

$$v = \lambda \cdot f = \frac{2d}{k} \cdot f, \quad k = \frac{d}{\frac{1}{2}\lambda}, \quad (1)$$

je-li λ vlnová délka a k číslo, udávající, kolika půlvlnám se rovná celá délka trubice. Z této rovnice je patrné, že měření rychlosti zvuku se redukuje na měření dvou veličin: délky trubice a frekvence užitého tónu, při čemž můžeme postupovati dvěma způsoby:

1. *Délku trubice necháme konstantní, měníme frekvenci f .* Tento způsob volil Thiesen užívaje sirény jakožto zdroje zvuku měnitelné frekvence. K přesným měřením vypracovali však tuto metodu

*) Metodu v článku popsanou vypracoval jsem pro přednášky profesora Žáčka o „Akustice“.

¹⁾ Thiesen, Ann. d. Phys., sv. 24, str. 401 (1907); sv. 25, str. 506 (1908).

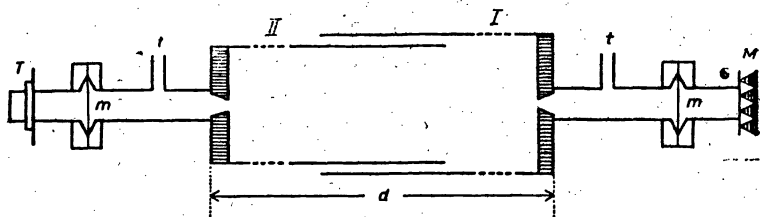
²⁾ Grüneisen u. Merkel, Ann. d. Phys., sv. 66, str. 344 (1921).

teprve Grüneisen a Merkel, když mohli užítí jakožto velmi vhodného zdroje tónového generátoru, jehož frekvenci bylo možno měniti spojitě od sta kmitů za sekundu až k hranici slyšitelnosti. Frekvenci určovali srovnáním s normální tónovou škálou metodou rázů.³⁾

2. *Frekvenci necháme konstantní, měníme délku trubice.* Tento druhý způsob je pro demonstrační účely pohodlnější. Délku trubice můžeme vždy snadno a poměrně velmi přesně zjistiti, kdežto k přesnému stanovení libovolné frekvence je vždy třeba komplikované aparatury, má-li se dosáhnouti poněkud větší přesnosti. Za to tón určité výšky nastavíme na tónovém generátoru velmi snadno metodou rázů s přesností menší než $\frac{1}{2}\%$, a vhodnou změnou délky trubice, kterou si můžeme předem na komparátoru velmi přesně zjistiti, nastavíme resonanci. Experimentální provedení tohoto způsobu je popsáno v následující kapitole.

Popis aparatury.

Resonátor se skládá ze dvou trubic I a II (obr. 1); vnitřní průměr trubice I je 52 mm, trubice II 50 mm, tloušťka stěn obou



Obr. 1.

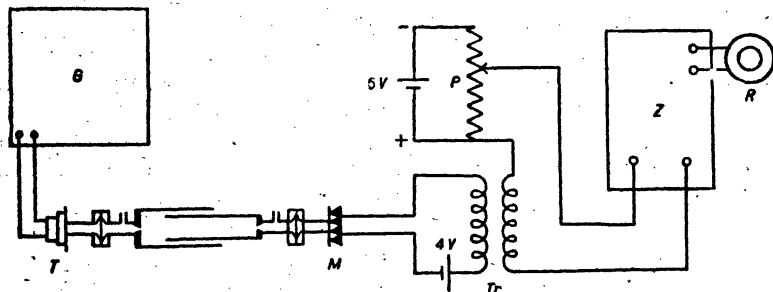
trubic je stejná a to 1 mm. Užší trubice II je zasunuta do širší I tak, aby ji bylo možno vhodným šroubovým zařízením jemně posunovati a tím délku resonátoru d měniti. Délku d odečítáme na připojeném měřítku, které srovnáme s komparátorem. Obě trubice jsou na koncích opatřeny malými kruhovými otvory průměru 1 mm, kterými vstupuje resp. vystupuje zvuk z resonátoru. K těmto otvorům jsou připojeny širší trubice, které komunikují na obou stranách se vzduchem malými trubičkami t , a jsou uzavřeny na obou stranách slídovými membránami m , tloušťky 0.03 mm.

Z výsledků prací Thiesenovy a Grüneisenovy vyplývá, že resonátor má býti pokud možno dlouhý, aby se neuplatňoval vliv konců, které mají býti opatřeny co nejmenšími otvory, a široký,

³⁾ Grüneisen u. Merkel, *Ztschr. f. Phys.*, sv. 2, str. 277 (1920).

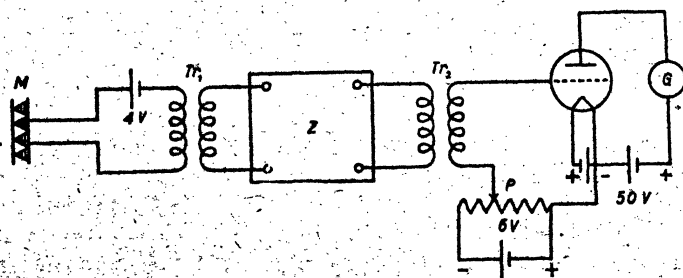
aby vliv tření byl co nejmenší. Oba tyto vlivy lze však při přesných měřeních eliminovati.

Zdrojem zvuku je telefon T , který je připojen za membránou u trubice II (obr. 1) a obalen vatou, aby zvuk nepronikal do okolí a nerušil. Telefon T je sprážen inductivně s generátorem tónové frekvence, kterou nastavíme a určíme pomocí ladičky o daném kmitočtu. Doporučuje se užívatí vysokých tónů.



Obr. 2.

K subjektivnímu stanovení resonance stačí nastrčit za membránu u trubice I kaučukovou trubicí s muší pro ucho pozorovatelovo. Pro objektivní pozorování uijeme mikrofonu,⁴⁾ který spojíme přes transformátor Tr s 1-lampovým zesilovačem z opatřeným reproduktorem R (obr. 2). Tu se již ozve v reproduktoru



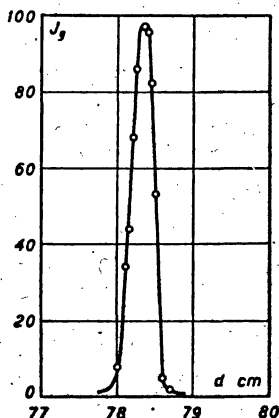
Obr. 3.

někdy slabý tón, který není způsoben resonancí v trubici a který vhodným negativním předpětím (které odvětvíme na potenciometru P) umlčíme. Pak teprve měníme délku trubice, až najdeme maximum tónu v reproduktoru, způsobené resonancí. Délku tru-

⁴⁾ Mikrofon připojíme vždy k oné trubici, která je fixně upevněna, telefon k oné trubici, kterou posouváme.

bice odečteme na měřítku, frekvence je dána kmitočtem ladičky a můžeme tudíž pro výpočet v použití vzorce (1); je-li naopak rychlost zvuku ve vzduchu dána, můžeme užítí tohoto uspořádání jakožto měřiče tónové frekvence.

Stejně účelně však můžeme použití k stanovení resonance galvanometru v uspořádání naznačeném v obr. 3. Část aparatury od generátoru tónové frekvence až k mikrofonu zůstává stejná jako v obr. 2. Za transformátor Tr_1 připojíme jednolampový zesilovač z (s lampou Telefunken RE 134) s výstupním transformátorem Tr_2 . Napětí vznikající na sekundární straně tohoto transformátoru vedeme na mřížku další lampy (Telefunken RE 074),



Obr. 4.

kteřá má v anodovém kruhu zapjat galvanometr G , a která funguje jako lampový voltmetr.

Než začneme měřiti, odvětvíme na mřížku této lampy z potenciometru P takové negativní předpětí, aby galvanometr G neukazoval výchylky. Měníme-li nyní délku trubice v okolí resonance, dávají výchylky galvanometru G celou resonanční křivku trubice; z maxima této křivky stanovíme resonanční délku trubice. (Obr. 4, kde je znázorněna výchylka I_g galvanometru G jakožto funkce délky trubice d v okolí resonance.)

Experimentální výsledky.

Jako příklad uvedu zde měření rychlosti zvuku pro frekvenci $f = 435$ Hertz, která byla nastavena a určena pomocí ladičky s přesností 0.3% . Délka resonátoru byla přibližně předem volena tak, aby se rovnala dvěma půlvlnám; přesně byla změřena na

připojeném měřítku, které bylo srovnáno s komparátorem. Délka resonátoru pro uvedenou frekvenci se rovnala při teplotě 21°C $d = 78.8_1 \text{ cm}$. Při tom bylo možno maximum tónu nastavití pohodlně s přesností $\pm 0.5 \text{ mm}$, takže d bylo určeno s přesností $0.6^{\circ}/_{100}$. Ze vzorce (1), kde pro náš případ je $k = 2$, vychází tedy $v = 342.8 \text{ m/sec}$. s přesností circa $1^{\circ}/_{100}$. Od měření uvedených pro tuto teplotu v tabulkách ($v = 343.8 \text{ m/sec}$) liší se naměřená hodnota o necelé $3^{\circ}/_{100}$, což jak pro demonstrační účely, tak fyzikálního praktika je přesnost jistě dostatečná.

Pro srovnání zkusil jsem změřiti též rychlost zvuku ve svítivém plynu. Kautčukovou trubicí od plynovodu připojíme nejprve k jedné z trubiček t (druhá je při tom volná) a necháme svítivý plyn procházeti, až vypudí všechny vzduch. Pak připojíme i druhou trubičku t k plynovodu, takže svítivý plyn v resonátoru je v klidu a ve stálém styku s plynem v plynovodu. Měření bylo provedeno při teplotě $t = 18.5^{\circ}\text{C}$ pro dvě frekvence $f = 305$ a 605 Hertz při stejné délce resonátoru $d = 77.5 \text{ cm}$. Pro frekvenci $f = 305$ Hertz ($k = 1$) vychází ze vzorce (1) $v = 472.7 \text{ m/sec}$, pro $f = 605$ Hertz ($k = 2$) $v = 468.9 \text{ m/sec}$. Poněvadž frekvenci bylo nutno měřiti měřicem tónové frekvence fy Siemens, nebylo možno dosáhnouti větší přesnosti než $1^{\circ}/_{100}$.

II. odd. fyzikálního ústavu Karlovy univ. v Praze.

*

Une méthode pour mesurer la vitesse du son dans les gazes.

(L'extrait de l'article précédent.)

On peut démontrer très commodément la mesure de la vitesse du son par la méthode, un peu modifiée, de Thiesen. Tandis que Thiesen se servait d'un résonateur de longueur constante et variait la fréquence du son, il est beaucoup plus convenable, pour les buts de la démonstration, d'entretenir la fréquence constante et de déterminer pour cette fréquence la longueur de la résonance du tuyau.

Dans l'article précédent l'auteur décrit l'arrangement expérimental de cette modification de la méthode de Thiesen et montre qu'il est bien possible de déterminer par cette modification la vitesse du son dans l'air avec une précision de $1^{\circ}/_{100}$.