

Werk

Label: Article

Jahr: 1932

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?31311028X_0061|log58

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Demonstrační pokus měření rychlosti zvuku v plynech.*)

V. Petržílka.

(Došlo 15. září 1931.)

Metody pro měření rychlosti zvuku možno rozdělit ve dvě skupiny: 1. měření rychlosti zvuku ve volném prostoru na velké vzdálenosti, 2. laboratorní měření rychlosti zvuku v trubicích, které slouží jakožto rezonátory. Do této druhé skupiny patří Thiesenova¹⁾ metoda zavřeného rezonátoru, kterou ještě velmi zdokonalili Grüneisen a Merkel²⁾ a užili ji 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).

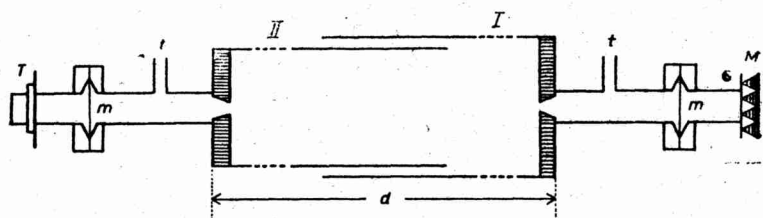
²⁾ Grüneisen u. Merkel, Ann. d. Phys., sv. 66, str. 344 (1921).

teprve Grüneisen a Merkel, když mohli užít 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 $\frac{1}{2} \cdot 10^{-4}$, 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.

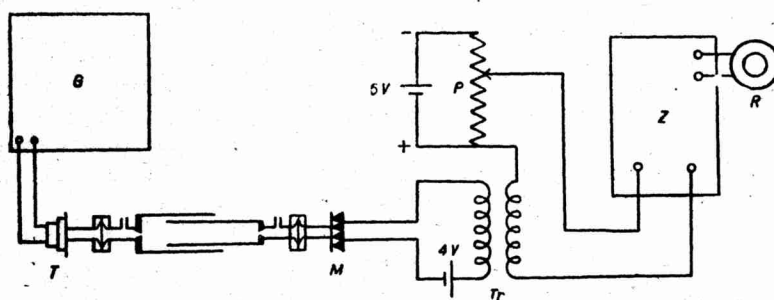
trubic je stejná a to 1 mm. Užší trubice II je zasunuta do širší I tak, aby ji bylo možno vhodným šroubovým zařízením jemně posunovati a tím délku resonátoru d měniti. Délku d odečítáme na připojeném měřítku, které srovnáme s komparátorem. Obě trubice jsou na koncích opatřeny malými kruhovými otvory 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 být pokud možno dlouhý, aby se neuplatňoval vliv konců, které mají být opatřeny co nejmenšími otvory, a široký,

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

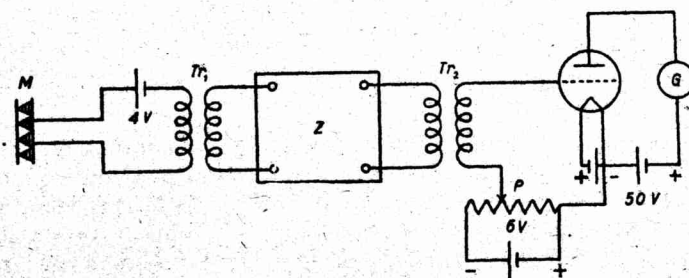
aby vliv tření byl co nejmenší. Oba tyto vlivy lze však při přesných měřeních eliminovati.

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 spřažen inductivně s generátorem tónové frekvence, kterou nastavíme a určíme pomocí ladičky o daném kmitočtu. Doporučuje se užívat vysokých tónů.



Obr. 2.

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



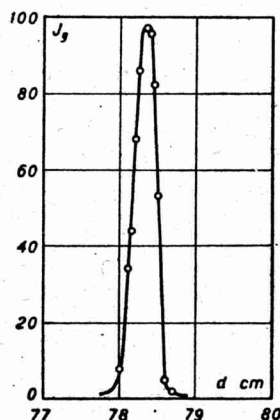
Obr. 3.

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 použít 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.

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

Než začneme měřit, 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