

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Josef Zahradníček

Příspěvek k interferenci zvuku

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 62 (1933), No. 4-5, 193--194,195--196

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123902>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1933

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>

Příspěvek k interferenci zvuku.

Josef Zahradníček.

(Došlo 20. října 1932.)

V této práci je popsána trubice na ukázání interference zvuku, obměněná trubice Quincke-Stefanova se dvěma zdroji. Jako zdroje zvuku slouží dvě krátké píšťalky s posunovatelnými píšťkami, jako detektor citlivý plamen Tyndallův s obvyklým tlakem asi 5 cm vody; plamen nastavuje se mikrometrickou tlačkou na hadici. — V práci jsou uvedeny některé pokusy s vysokofrekvenčními kmity akustickými a ultraakustickými.

Interference postupujících vln zvukových ukazuje se obyčejně pomocí trubice Quincke-Stefanovy ve spojení s trubicí Kundtovou, nebo s citlivým plaménkem. Zvukové vlny jsou v tomto případě koherentní, t. j. z téhož zdroje, o téže frekvenci, téže amplitudě a konstantní diferencí fázové, jež v jedné řadě vln oproti druhé bývá měněna tím způsobem, že jedno rameno trubice interferenční, vedoucí jednu řadu vln, mění délku podobně, jako tomu bývá u pozounu.

Obecný případ interference postupných vln zvukových, t. j. skládání vln pocházejících od dvou zdrojů, a to vln různé frekvence, různé amplitudy a různé fáze možno předvésti v té formě, že pro řady vln zvukových, vytvořených dvěma zdroji, volíme různá místa vstupu do trubice interferenční; forma této obměněné trubice interferenční a schema celého uspořádání pokusného je patrné z vedlejšího obrazce (obr. 1).

Interferující vlny

$$\xi_1 = A_1 \sin(\omega_1 t + \varepsilon_1), \quad \xi_2 = A_2 \sin(\omega_2 t + \varepsilon_2)$$

skládají se ve společném bodě ve vlnu

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = M \sin(S + \eta),$$

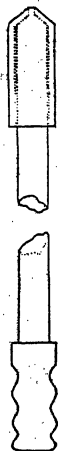
kde amplituda M a fázová diference η jsou vázány vztahy

$$M^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos 2R, \quad \operatorname{tg} \eta = \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \operatorname{tg} R;$$

při tom jest

$$2S = (\omega_1 + \omega_2)t + \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad 2R = (\omega_1 - \omega_2)t + \varepsilon_1 - \varepsilon_2.$$

Veličiny ξ_1 , ξ_2 , ξ značí zde kteroukoli z akustických veličin buď rychlost, nebo tlak, nebo teplotu. Experimentálně dá se doká-



Obr. 1.

zati, že interferenční minimum

$$\xi = 0$$

nastane tehdy a jen tehdy, je-li amplituda M nezávisle na čase rovna nule, t. j. musí býti splněny podmínky

$$\omega_1 = \omega_2, \quad \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = (2k - 1)\pi, \quad A_1 = A_2.$$

Příslušné pokusy dají se provésti vhodně v té formě, že interferenční trubice se dvěma pokud možno stejnými píšťalkami (jež opatřeny jsou písty mikrometricky posunovatelnými) a s elektrickým foukadlem je v místnosti jedné, v přípravně, a detektor zvukových vln — citlivý plamen — je v místnosti druhé, v posluchárně. Obě místnosti jsou spolu spojeny trubici mosaznou (asi 3 cm v průměru) zasazenou do zdi, dělící od sebe obě sousedící místnosti. Do zmíněné trubice je s jedné strany zasazena trubice interferenční, s druhé pak nálevkovitý nástavek, jak patrně z obrazce.¹⁾ Spojení píšťalek s foukadlem je provedeno pomocí skleněné T -trubice a kaučukové hadice, což ve svrchním obrazi není vyznačeno.

Jsou-li obě píšťalky naladěny na stejný tón na př. o čtvrtvlně 1,50 cm, pak prodlužováním jednoho zvukovodného ramene v interferenční trubici dají se najíti maxima a minima výsledného zvuku a dají se sledovati jak sluchem, tak na citlivém plameni. Jsou-li však píšťalky jen sebe méně rozladěny, což poznáme na rázech případně na diferencním tónu, pak minimum ve výsledném vlnění nikdy nenastane.

Takto dá se prokázati, že koherence vln není nutnou podmínkou interference vln akustických, jako je tomu při interferenci vln světelných.

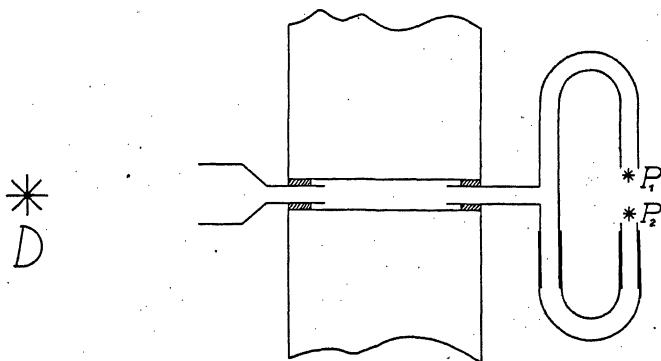
Při těchto pokusech dá se použití jako detektoru akustických kmitů citlivého plamene buď ve formě se sítkou,²⁾ anebo dlouhého plamene Tyndallova s obvyklým tlakem plynu asi 5 cm vodního sloupce. Užívati přetlaku 20 cm vody, jak se to činí po příkladu Tyndallovu, je zbytečno, jestliže regulujeme tok plynu mikrometricky tlačkou na hadici, místo plynovým kohoutem. Otvor v trubici hořáku citlivého plaménku je v mezích 1,25—2,25 mm.³⁾

¹⁾ Srovnej Phys. ZS. 32, 56, 1931.

²⁾ Časopis pro pěst. mat. a fys. Příl. met. did. 60, 49, 1931.

³⁾ Je vhodno plameník pro citlivé plaménky sestrojiti tak, aby nástavky ve formě trubičky kuželíkem zakončené — 2 cm délky — s otvory 1,25 mm, 1,5 mm, 1,75 mm, 2,00 mm a 2,25 mm daly se na hlavní trubici těsně nasunovati a tak plaménky citlivé pro různý obor spektrální vyměňovati. — Obr. 2. — Tok svitplynu zařídíme mikrometrickým přískrcením hadice tak, aby plamen v klidném vzduchu přestal právě syčet. Plamen se prodlouží a jeho citlivost vzroste na maximum, jak poznáme při vyslovení „ssssss“ nebo při šelestění klíčů, nebo při zavěšení kapesních hodinek na trubici plaménku.

Plamének s otvorem 2,0 mm průměru je citlivý na vysoké tóny, ležící na hranici slyšení, plamének s otvorem 1,5 mm je citlivý i na vysoké tóny, i na kmity supersonické, kterých už sluchem nevnímáme. Máme tak v těchto plaménících dobré detektory vysokofrekvenčních kmitů akustických, případně ultraakustických, jež mohou být vytvořeny na př. krátkými píšťalkami s posunovatelnými píšťky. Pomocí těchto citlivých plamének i sluchem možno ukázati na př. diferenční tóny, vznikající dvěma krátkými píšťalkami. Jednu píšťalku nastavíme na stálý vysoký tón o čtvrt-



Obr. 2.

vlně 0,5—2,5 cm a u druhé píšťalky měníme mikrometricky délku. Tím způsobem můžeme předvésti diferenční tóny od nejnižší do nejvyšší polohy. Tímto pokusem můžeme také ukázati kmity ultraakustické, na něž reaguje plamének, ale nikoli naše ucho. Můžeme také prokázati, že diferenční tón slyšený vzniká i v tom případě, když jeden z interferujících kmitů padá již nad horní hranici slyšení a druhý do oboru akustického. Jest jen třeba, aby kmitočet výsledního tónu interferencí vznikajícího

$$N = \frac{1}{2} (N_1 + N_2)$$

ležel v oboru slyšitelném.

Citlivým plaménkem můžeme též ukázati diferenční kmity

Na vodním manometru, vřazeném pomocí skleněné *T*-spojky mezi hořák a tlačku, dá se odečísti tlak odpovídající největší citlivosti plaménku. Tak na př. otvorům svrchu uvedených hořáků o průměru 2,50 mm až 1,50 mm odpovídal po řadě jako nejvhodnější tlak plynů v cm vodního sloupce: 1,9 cm, 2,9 cm, 3,8 cm, 4,8 cm, 5,7 cm a horní hranice citlivosti vyjádřena čtvrtvlnou tónu píšťalky 1,3 cm — 0,10 cm t. j. frekvence $6,10^3$ — $8,10^4$ per./sec. Je-li tlačka dále přiškrcena a tím tlak snížen, posune se horní mez citlivosti plamene k nižším frekvencím.

kmitů ultraakustických. Utlumením jedné případně druhé píšťalky — střídavým vkládáním lístku papíru mezi rty píšťalek — přesvědčíme se, že plamének nereaguje na jednotlivé tóny N_1 , N_2 , deteguje však tón diferenční. V tomto směru je podstatný rozdíl mezi nchem a plemenem jako detektory kmitů mechanických.

Pomocí uvedených píšťal, naladěných na unisono, dá se ukázati, že výška tónu u píšťaly závisí na rychlosti zvuku, do komory věházejícího, na teplotě a tlaku vzduchu. Stačí jednu z těchto veličin pozměnit: přiškrtiti hadici jedné píšťalky, nebo ohřáti, třeba jen dotykem ruky, komůrku jedné píšťalky, nebo pozměnití tlak vzduchu před ústy jedné píšťalky — nastavením ruky — a unisono píšťalek je porušeno, vzniknou rázy. Směr změny poznamé nastavením příslušné píšťalky, aby rázy opět vymizely.

Není třeba zvláště připomínati, že citlivý plamének v horní úpravě hodí se také ke studiu akustického pole, vytvořeného krátkou píšťalkou v uzavřené místnosti.

Budiž ještě poznamenáno, že z obvyklé interferenční trubice Quincke-Stefanovy vznikne trubice svrchu popsaná odříznutím T -kusu — v délce asi 10 cm, — ježž možno dvěma trubicemi o světlosti o 2 mm větší zase ke trubici interferenční připojiti, má-li jí býti použito zase jen s jediným zdrojem. V tomto druhém případě je vhodné interferenční trubici umístiti v posluchárně, ve vedlejší místnosti zůstává zdroj zvuku — píšťalka s elektrickým foukadlem.

Fyzikální ústav Masarykovy university.

*

Contribution à l'étude de l'interférence acoustique.

(Extrait de l'article précédent.)

Dans ce travail est décrit un tuyau qui sert à montrer l'interférence du son: c'est un tuyau de Quincke-Stefan légèrement modifié, à deux sources sonores. Celles-ci sont constituées par deux courts tuyaux pourvus de petits pistons mobiles; comme détecteur de vibrations, on utilise la flamme sensible de Tyndall, prise à la pression habituelle du gaz (5 cm environ); à l'aide d'une pince micrométrique on dirige la flamme sur le tuyau d'arrivée du gaz. Nous avons décrit ici quelques expériences sur des vibrations à haute fréquence acoustique et même hyperacoustiques.