

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Josef Zahradníček  
Rubensova trubice

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 48 (1919), No. 3-4, 230--234

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121286>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1919

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>

## Rubensova trubice.

Dr. Josef Zahradníček.

Vlnivý pohyb vzduchu v píšťalách učiní se viditelným různými způsoby. Pro objektivní pozorování hodí se zvláště metoda Koenigových plamének manometrických; neboť plynové plaménky reagují s velkou citlivostí na sebe menší změnu tlaku jak vnějšího tak vnitřního. Nedostatek metody této spočívá v tom, že dovoluje poznati tlakové poměry jen na jednotlivých místech v píšťale, nikoli však současně v píšťale celé. Tomuto nedostatku odpomohli Rubens a Krigar-Menzel, sestavivše pro studium stojatých vln zvukových přístroj, jenž právem může se řaditi k nejkrásnějším demonstračním přístrojům akustiky. \*)

Přístroj je zcela jednoduchý: 4 m dlouhá trubice plechová, mající 8 cm v průměru, je na jednom konci uzavřena deskou plechovou, na druhém pružnou blanou měchýře nebo pergamenového papíru. Pozounovitým výtahem dá se trubice na straně blany asi o 50 cm prodloužiti. Na jednom konci trubice je násadec na plyn, na trubici pak jsou v jedné přímce otvory 2 mm v průměru a 3 cm vzájemně od sebe vzdáleny.

Zavedme do trubice svítíplyn a v celé řadě otvorů zapalme. Přítok plynu zaříďme tak, aby plaménky byly asi 1 cm vysoké se žlutou špicí. Případně zmenšení plamének směrem ke konci trubice odstraníme malým zvýšením trubice na dotýčném konci. Proti pružné blaně postavme zdroj zvukový — ladičku, píšťalu, zvon a pod. — a rozezvučme. Vlny zvukové uvedou v pohyb kmitavý i blanu a v trubici vytvoří se stojaté vlny, což pěkně ukazují plaménky různou velikostí a jasností. Celá řada plamének rozdělí se na skupiny — půlvlny. Ve středu každé skupiny je plamének dlouhý a svítivý, ke krajům ubývá plaménkům na velikosti i jasnosti.

Je-li zvuk dosti vysoký a silný, je na pevném konci trubice maximum jasnosti plamene a další maxima jsou o  $\frac{\lambda}{2}$  dále.

Pomocí Wheatstoneova zrcadla můžeme pozorovati, že plaménky oscillují.

---

\*) Rubens und Krigar-Menzel, Flammenröhre für akustische Beobachtungen — Annalen der Physik, sv. 17, 1905, str. 149 a násl.

Při slabším zvuku je na pevném konci trubice minimum jasnosti a další minima jsou o  $\frac{\lambda}{2}$  dále, plaménky hoří spojitě.

Tento zjev je při slabších zvucích pravidelným, ač proti očekávání. Jen první zjev odpovídá podélným vlnám v trubici a tlakovým poměrům odtud vzniklým. Zjev druhý vysvětlují autoři třením podélně kmitající hmoty plynové na stěnách trubice; tím se stává, že vrstva plynu ke stěně přiléhající nenabývá normální rychlosti. V případě prvním při větší intenzitě zvuku je toto tření překonáno. Jen v tomto případě je možno z  $\lambda$  na trubici měřeno určití rychlost zvuku v teplém svítíplynu z rovnice

$$N\lambda = V.$$

Při tonech slabších a nižších vlna se prodlužuje a dostáváme pro  $V$  hodnoty poněkud větší.

Pokud blana kmitá, spotřebují plaménky více plynu než v klidu a mohou v místech minim případně i maxim zhasnouti.

Rubensovou trubicí dá se ukázati podélné vlnění způsobené v trubici kmitající ladičkou, zvonkem, zvučící píšťalou nebo hlasem; vznikají pak někdy vedle vln základních i vln vedlejší — barvitost zvuku.\*) Před blanu trubice umístíme ladičku s rezonanční skřínkou, nebo dáme na Rubensovu trubicí nálevkovitý násadec, proti němuž postavíme zvučící ladičku, zvon nebo píšťalu. Ladičkou možno přenášeti kmitu na blanu bezprostředně — dotykem ramene nebo nožky, píšťalu pak dáme před nálevkovitý násadec buď koncem nebo ústy: v tomto případě je píšťala položena na směr Rubensovy trubice kolmo. Tenké píšťaly jazýčkové možno i vsunouti do nálevkovitého násadce. Při pozvolném ubývání intenzity zvuku dá se pěkně pozorovati ve všech těchto případech změna maxim a minim v plaménkové vlnovce.

Do nálevkovitého násadce možno i mluvíti a zpívati a přenášeti tak zvuk hlasu na plyn v trubici. Rubensova trubice reaguje pěkně na samohlásky, pokud jich základní tón leží ve dvojčárkované oktávě, na samohlásku „u“ ve všech polohách.

Waetzmann doplnil\*\*) přístroj Rubensův tím, že kolmo

\*) Tento zjev, kterého svrchu jmenovaní autoři nepozorovali, zjistil jsem při krátké píšťale varhanové  $f^3$ , když byla přefouknuta.

\*\*) Waetzmann, *Apparat zum Studium der Interferenz des Schalles*, *Annalen der Physik*, 31, 1910, str. 137 a n.

k trubici připojil trubici druhou délky  $1\cdot5\ m$ , tím vznikla trubice tvaru T. Hlavní trubice je zakončena na jedné straně blanou, na druhé straně je posunovatelný píst, postranní trubice je rovněž zakončena posunovatelným pístem. Trubice byly železné — jako se jich užívá při kladení plynového potrubí —  $5\ cm$  v průměru a opatřeny otvory  $1\cdot5\ mm$  ve vzdálenostech  $1\cdot5\ cm$ .

Píst ve vedlejší trubici je zprvu zasunut až k trubici hlavní; rozkmitá-li se blana, panuje v celé hlavní trubici pohyb. Vy-táhneme-li pak píst ve vedlejší trubici o

$$1\ \frac{\lambda}{4}, \quad 3\ \frac{\lambda}{4}, \quad 5\ \frac{\lambda}{4},$$

je v druhém rameni hlavní trubice (od společného rozhraní tubic až k pístu) klid; plaménky jsou tam stejně vysoké a klidné. Je-li pak píst ve vedlejší trubici vytažen o

$$2\ \frac{\lambda}{4}, \quad 4\ \frac{\lambda}{4}, \quad 6\ \frac{\lambda}{4},$$

je v druhém rameni hlavní trubice klid nebo pohyb dle toho, je-li délka druhého ramene taková, že na rozhraní připadá břicho nebo uzel vlny.

Vhodněji než dle Waetzmanna dá se ukázati interference zvuku na trubici Rubensově, spojíme-li ji s interferenční trubicí Quinckovou ve zdokonalené úpravě Koenigově. Na trubici Rubensovu je na straně blany nasunut nálevkovitý násadec, do něhož na druhém konci je těsně nasunut zvukovod trubice Quinckovy. Oběma zvukovody této trubice šíří se vlny zvukové a přenášejí se blanou i do trubice Rubensovy. Pokud oba zvukovody trubice Quinckovy jsou stejně dlouhé, jsou patrný v Rubensově trubici stojaté vlny; jakmile na jedné straně zvukovod prodlužujeme, zmenšuje se interferencí intenzita výsledného vlnění a tím i výška plaménkové vlnovky, až při dráhovém rozdílu jedné půlvlny svítí plaménky klidně v jedné výšce — v trubici Rubensově panuje akustický klid (obměna pokusu Kundtova).

Zvláště pěkná pozorování dají se provést při píšťalách, samohláskách a ladičkách. Ústa přiložíme k volnému zvukovodu trubice Quinckovy; v případě druhém pak nasuneme na volný zvukovod násadec nálevkovitý opatřený pružnou blanou, na niž pak přenášíme kmity ladičky bezprostředním dotykem.

Na trubici Quincekové můžeme změřiti délku vlny interferujícího tónu ve vzduchu, délku vlny téhož tónu ve svítiplynu určíme na trubici Rubensové. Poměr obou délek vln dává patrně poměr rychlostí zvuku ve vzduchu a plynu; teplota plynu jest ovšem vyšší (asi  $65^{\circ}C$ ) a nutno provésti příslušnou redukci.

Vycházejí od předešlých tak vděčných pokusů,\*) snažil jsem se podobným způsobem učiniti viditelnými tlakové poměry v píšťale a to přímo, bez trubice Rubensovy. Přístroj sestaven byl následovně: v dřevěné píšťale 80 *cm* dlouhé s průřezem čtvercovým o straně 8 *cm* byla vyňata jedna postranní stěna od konce komory počínajíc a místo ní přilepen navlhčený papír pergamenový dobře napjatý. Nad stěnou papírovou připevněn neprodyšně (hřebíčky a sklenářským tmelem) plechový poloválec ( $r = 3$  *cm*) opatřený v jedné přímce otvory 1.5 *mm* v průměru ve vzájemné vzdálenosti 3 *cm*. Do této plechové trubice vpuštěn postranním násadcem plyn a v otvorech zapálen. Pokud jest v píšťale klid, hoří plaménky klidně a v jedné přímce. Jakmile do píšťaly foukáme, svítí plaménky nestejně a na plaménkové vlnovce možno pozorovati, zda píšťala — ať otevřená či zavřená — dává svůj tón základní nebo některý tón svrchní.

Je-li papír na stěně píšťaly tenký a málo napjatý, nedá píšťala základního tónu ani při slabém foukání. Tlakem vzduchu na papírovou stěnu zmenší se rezonanční prostor píšťaly a tím změní se částečně její tón. Plaménková vlnovka ukáže se vždy a jest nejméně rušena proudem vzduchu přes horní ret odcházejícího, je-li papírová stěna proti rtům píšťaly.

Podržíme-li při konci otevřené píšťaly předešlé konec jiné píšťaly zvučící (otevřené), ukáže se rovněž pěkně plaménková vlnovka odpovídající zaznívajícím tónu. Na základě tohoto pokusu možno upravití Rubensovu trubici také následovně: Dřevěná trubice průřezu čtvercového o straně 6—8 *cm*, délky 1 až 2 *m* má jednu dlouhou stěnu polepenou pergamenovým papírem; nad ní jest upevněn svrchu popsaný poloválec plechový. Jeden otvor dřevěné trubice může býti opatřen blanou pergamenového papíru, po případě též nálevkovitým násadcem. V dřevěné tru-

---

\*) Rubensovy trubice měly v našem případě 2 *m* a 3 *m* délky a 6 *cm* v průměru; byly zhotoveny z pozinkovaného plechu.

bici možno jakýmkoliv způsobem svrchu popsaným vzbuditi vlny zvukové, periodické zhuštění a zředění a odtud vznikající změny tlakové přenášejí se i na blanu, jež uvádí se ve chvění příčné; tím uvede se ve chvění i plyn v sousedním prostoru za papírovou blanou, jak patrně z plaménkové vlnovky. Naměřená délka vlny při této úpravě přístroje je patrně rovna délce vlny ve vzduchu.

## Príspevek k integraci Maxwellových rovnic.

Napsal Ph. Dr. Karel Teige.

Řešení problému ohybu elektromagnetických vln pomocí Maxwellových rovnic v křivkových souřadnicích je závislo na tom, zda z onoho systému rovnic diferenciálních pro složky síly elektrické a magnetické lze odvoditi rovnici diferenciální pro každou složku zvlášť. To podařilo se dosud skoro jen při problémech dvoudimensionálních, kdy síla pole a tvar stínítka je nezávislý na jedné souřadnici, na př.  $z$ .

V dřívější práci jsem řešil ohyb rovinné vlny dopadající šikmo na kruhový válec.<sup>1)</sup> Při tom vyšel jsem ze známého řešení Maxwellových rovnic ve válcových souřadnicích v případě vlny, závislé periodicky na souřadnici  $z$ .

Zde chci ukázati obecně, že lze řešiti Maxwellovy rovnice v případě ohybu elektromagnetické vlny rovinné, dopadající šikmo na válec ve všech těch případech, ve kterých je možno řešiti Maxwellovy rovnice za předpokladu, že nic nezávisí na souřadnici  $z$ , což znamená, že vlna dopadá kolmo na válec. Budiž  $q, r$  system orthogonálních souřadnic, kolmých k povrchovým přímkám válce, které jsou rovnoběžné se souřadnicí  $z$ .

Čtverec elementu čáry  $ds^2$  v souřadnicích  $z, q, r$  budiž dán výrazem

$$ds^2 = dz^2 + e'dq^2 + e''dr^2.$$

Pak Maxwellovy rovnice pro složky

síly elektrické  $E_z, E_q, E_r,$

a magnetické  $M_z, M_q, M_r,$

<sup>1)</sup> Ohyb elektromagnetických vln na vodivém válci. Rozpr. Č. Ak. 1917, č. 22.