

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

František Kaňka

O silovém akustickém poli. [III.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 40 (1911), No. 1, 44--53

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123085>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1911

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>

figury s hlediska geometrie Lobačevského. Jest jeho deformací jež zachovala sice úhly, ale prohnula přímočaré strany v kruhové oblouky.

Proveďme také malou konstrukci. Veďme v rovině přímku a vytkněme si její nekonečně vzdálené body. Viz obr. 8. Veďme středem kruhu „a“ kolmici na tuto přímku. Nalezneme si na kolmici několik bodů. Spojme nyní tyto body přímkami s pravým a levým nekonečně vzdáleným bodem dané přímky.

(Dokončení.)

O silovém akustickém poli.

Napsal **František Kaňka**, professor v Praze.

Část II. Pole jednoosé. *)

A. *Vznik akustického silového pole jednoosého: 1. resonanční trubici, 2. kmitající blanou.*

K 1.: Po objevu akustického silového pole v okolí rozkmiten sklenice, které svým tvarem a svými vlastnostmi formálně se shoduje s magnetickým polem trvalého magnetu, hledal jsem význačný tvar druhý, jenž by odpovídal elektromagnetickému poli osovému v okolí drátu, jímž prochází galvanický proud.

Postup myšlenkový byl následující: Dosud bylo probádáno okolí stojaté vlny příčné, nezbyvá tedy než prozkoumatí okolí stojaté vlny podélné.

Pozornost byla obrácena k akustickým obrazcům Kundtovým. Postřehl jsem totiž, že není příslušný pokus se všech stran probádán; nikdo se posud netázal, nerozšiřuje-li se Kundtův obrazec před otvor trubice, v níž chvěje stojatě vzduchový sloupec.

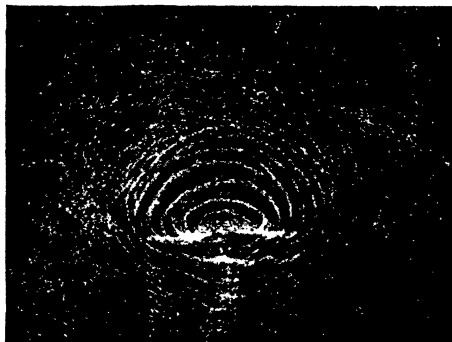
Při prvním pokuse objevily se před skleněnou trubicí úhledné kroužky na černé tabulce, korkovými pilinami poprášené (obr. 1.).

*) Část prvá vyšla v ročníku loňském.

Další pokusy ukáží, že to vzniklo *akustické kroužkové (osové) sílové pole*.

Přístroje k pokusu: Za jednoduchý zvukový zdroj poslouží opět vysoká válcová sklenice aneb nádoba z Meidingrova galv. článku, na níž jsou pro určitý tón označeny uzly.

Dále jest nutno zříditi si trubice spoluchvějící (resonanční). Na to jest třeba míti přístroj na měření stojatých vln dle obrazců Kundtových. Opatříme asi 3 *dm* dlouhou skleněnou trubku po-



Obr. 1.

suvným, na drátě upevněným pístem z korku, umístíme ji před rozkmitnu znějící sklenice a dle vzniklých Kundtových obrazců odměřujeme délku resonančních trubic.

Na vytvoření kroužkového pole užívám reson. trubic dvojího druhu:

První druh má délku stojaté vlny náležející tónu, jež vydává zdroj zvuku; druhý jest o trochu delší než polovina vlny stojaté. Otvor trubic prvního druhu se klade před sklenici do vzdálenosti asi půl centimetru, druhého druhu velmi blízko ke sklenici. V prvním případě má stojatá vlna uzel uprostřed reson. trubice, v druhém případě při stěně sklenice.

Na vytvoření obrazců, které jsou připojeny k pojednání a na nichž jsou znázorněny trubice širší, bylo užito trubic kratších.

Důležitým pomocným přístrojem jest stoleček s třemi vysokými stavěcími šrouby, aby mohla se dáti jeho deska do polohy vodorovné a po případě zvýšiti aneb snížiti dle výšky sklenice, jíž se užije za zdroj zvuku. Dal jsem si jej zhotoviti z kreslicího prkna.

Popis pokusu: Sklenici postavíme na pracovní stůl; před ní stoleček se stavěcími šrouby, jehož deska se nalézá asi 4 cm pod okrajem sklenice. Na stoleček položíme černou papírovou tabulku a na ni reson. trubici tak, aby otvor ke sklenici obrácený tabulku přechýlil. Pak poprášíme korkovými pilinami tabulku u odlehlejšího otvoru reson. trubice; toho prachu můžeme též trochu dáti do trubice.

Príslušný tón vyloudíme silným smyčcem. Zazní-li tón, seřadí se piliny v trubici v Kundtův obrazec a před odlehlým otvorem se objeví žádoucí soustava kroužků (obr. 1), podobná osovému elektromagnetickému poli. Opakující rozchvívání sklenice, zdokonalíme a rozhojníme kroužky.

Tento pokus, jakož i většinu pokusů následujících možno též s úspěchem upravití na projekci: Nad vodorovnou čočku projekčního přístroje položíme přiměřeně širokou skleněnou desku, která jest náhradou za onen dřevěný stoleček a dáme na ni místo tabulky list slídy. Na slídě nelpí totiž tak korkový prach, jako na desce skleněné, a dá se tedy snáze seřazovati. Slídová deska se popráší a na ní se přiměřeně umístí reson. trubice. Pak se ještě pomocí vysokého pevného stolku přistaví sklenice rozkmitnou proti otvoru reson. trubice. Za vzniklým tónem objeví se okamžitě obraz kroužků na projekčním poli.

K 2.: Vyřízneme z lepenkové desky kruhový otvor a přelepme jej lístkem papíru; obdržíme kruhovou blánu. Položme desku s blánou, třemi nízkými (asi půl cm) špalíčky z korku podepřenou, na poprášenou vodorovnou tabulku.

Rozezvučíme-li ladicí (třeba \bar{a}) a dotkneme-li se jí středu blány, uslyšíme resonanci blány zesílený tón a na prachu z korku spatříme soustavu kroužků soustředných, jejichž střed jest pod středem blány.

Blána může též býti jiného tvaru, třeba čtverce.

Na čtvercový dřevěný rámec (1 dm²) napjal jsem blánu z měchýře a k jejímu středu jsem připevnil dřevěný hrotec asi 2 cm dlouhý.

Suchou blanou opakoval jsem předešlý pokus. Dotkne-li se znějící ladice hrotu, rozezvučí se blána, rozvří se okolní vzduch, jenž seřadí korkové piliny v soustředné kruhy, mohutnější než pod blanou papírovou.

Ještě rozsáhlejší soustava soustředných kruhů a stejno-
běžných čar se obdrží pod znějící volnou skleněnou nebo mo-
saznou deskou.

Dle toho není pochyby, že by se za kmitajícími blanami, jak jich užili Bjerknés ¹⁾ a Stroh ²⁾, napodobující zjevy v magnetickém poli, daly zjistiti soustavy kroužkové.

Ačkoliv jsou chvějící se blány příčné stojatě rozvlněny, nelze jimi, jak pokusy právě ukázaly, rozkmitnu znějící sklenice nahraditi. (Srovn. s I. částí B., d.) Před rozkmitnou sklenice nastane obrazec tvaru magnetického pole u magnet tyče, před blanou soustava kroužků jako v elektromagnetickém poli galv. proudu.

B. *Vlastnosti osového akustického pole.*

a) *Podstata pole jednoosého.*

Pokus 1. Přepažme širokou skleněnou trubici, do níž se vejde půldruhý vlny stojaté, na jednom konci příčnou stěnou s kruhovým otvorem; vsypme do ní trochu prachu z korku a položice ji koncem otevřeným na stolek před rozkmitnu sklenice, vpravme do ní kouře z trubky.

Zazní-li sklenice, objeví se Kundtův obrazec, prozrazující stojaté vlnění sloupce vzduchového s dvěma uzly, z nichž jest jeden na konci částečně krytém u pažení, a z otvoru pažení uniká kroužek z kouře za kroužkem.

Přiložíme-li za takového pokusu k otvoru příčné stěny korkovými pilinami poprášenou tabulku, která zaujímá polohu vodorovnou neb i šikmou, překvapí nás soustava souběžných kroužků, na něž jest korkový prach rozbrázděn.

Vzdušina kruhovým otvorem unikající mění se ve vírný prstenec (kroužek). Vírné kroužky, v sebe uzavřené vírné tru-

¹⁾ J. E. H. Gordon, A physical treatise on electricity and magnetism. II. 3. vyd., str. 36.

²⁾ Tamtéž str. 44.

bice, mají vůbec svoje osobité vlastnosti, chovajíce se jako samostatné, trvalé a pružné tělesné útvary. Šíří-li se prstence za sebou a stihnou-li tuhou stěnu, nemaří se, jak je známo, nýbrž rozestírají se po ní, samostatnost svou si zachovávajíce a do souběžných vírných vláken se řadíce. Vírný prstenec jako celek má též svůj pohyb otáčivý kolem osy, která míří směrem, jímž prstenec postupuje; děje-li se po ručičkách hodinových, když se za ním díváme, má směr kladný, děje-li se proti ruč. hod., má směr záporný.

Soustavu kroužků, uvedeným pokusem v korkovém prachu rýsovaných, dlužno tedy pokládati za pásmo *vírných prstenců* po tabulce rozestřených, jejichž veškeré částice stejným způsobem krouží kolem vírných os, které jdou nad prostředkem mezerek víry vymetených, při čemž se pohybují vírné osy buďto směrem kladným nebo záporným.

Pokus 2. Je-li reson. trubice vodorovná, opírají se skoro všechny kroužky o stěny její při otvoru.

Svislou reson. trubicí pořídíme si soustavu přesných kruhů úplně *v sebe uzavřených*.

Úprava pokusu: Do dvou svěráků, na společném stojanu upevněných, zapněme dvě otevřené reson. trubice délky jedné vlny stojaté, a to: svrchní, vodorovnou, do výše, jež by nepřesahovala okraj válcové sklenice; spodní, svislou, jejíž horní otvor by byl pod odlehlejším otvorem trubice svrchní. Asi půl *cm* pod trubicí svislou položíme černou poprášenou tabulku.

Vydá-li sklenice zvuk, chvějí spolu trubice obě, a na tabulce se ukáže soustava soustředných kroužků; nejsilnější z nich připadá pod svislé stěny trubice. Část prachu, nalézající se pod otvorem trubice, zůstala v klidu nerozvířena.

Právě tento nerozvířený kotouček prachu tomu nasvědčuje, že prostorové kruhové útvary z trubice unikající jsou *vírné prstence*.

Akustické osově pole jest tedy pole vírné, skládající se z vírných prstenců, t. j. z vírných, v sebe uzavřených trubic volných dle pokusu 2., anebo k stěnám reson. trubky přímknutých dle pokusu 1.

Každá z nich, obsahujíc určité množství energie, jest stejnorodým tvarem se silovými trubicemi akustického silového pole v okolí rozkmitané stěny sklenice.

Možno tedy zvátí osově akustické pole silovým polem a vírné osy jednotlivých vírů silovými čarami neboli silokřivkami.

b) Sesilování osového akustického pole.

Pro další pokusy bude nezbytno sesliti kroužkové pole, t. j. bude třeba zvětšiti vírnou intenzitu kroužků a rozmnožiti jejich počet.

Možno je zde napodobiti sesilování tónu rezonančními dutinami.

Pro náš účel nabudeme takové dutiny skleněnou obdélníkovou deskou určitých rozměrů, kladouce ji jednou stranou příčně nebo podélně na vodorovnou reson. trubici, druhou pak opírajíce o tabulku, na níž obrazce vytváříme.

Radno zde jest postupovati zkusmo a označiti si na krycí desce barvou rozměry dutiny, které se osvědčily.

K stojaté vlně délky $l = 6 \text{ cm}$, tedy k reson. trubici stejně dlouhé, užívám krycí skleněné desky rozměrů 9 cm a 16 cm . Osvědčují se dutiny délky l , $\frac{3}{2} l$, $2 l$ (směrem osy reson. trubice) dle toho, jak délku položíme.

Vysledky sesilování:

1. Pro ten případ, že klademe delší rozměr desky napříč k ose trubice, obdržíme obr. 2., který ukazuje, jak značně bylo tímto způsobem sesíleno skrovné pole původní (obr. 1.).

2. Klademe li sesilovací desku delším rozměrem do polohy osy trubice, rozšíří se obrazec pod celou desku a má značnou část pole tvaru homogenního.

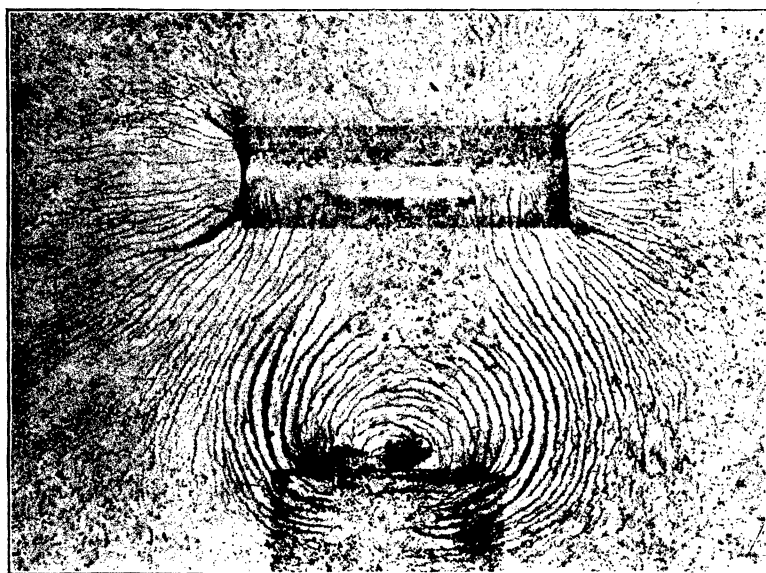
Potřebujeme-li pro tělíska, která chceme do pole vložit, vyšší reson. dutinu, podepřeme odlehlejší konec krycí desky hranolem dřevěným anebo tyčkou křídý délky asi 1 dm .

c) Kolmost vírných trubic k stěnám těles.

Pokusy možno konati v kterémkoliv kroužkovém vírném poli, ať vzniklo za rezonanční vodorovnou či svislou trubicí aneb pod kmitající blanou či pod volnou znějící Chladniho deskou, všude se stejným výsledkem.



Obr. 2.



Obr. 3.

Poněvadž jest vytvoření kroužkového pole vodorovnou reson. trubicí nejpohodlnější a po případě na projekci nejvhodnější, budu většinou popisovati pokusy v tomto poli vykonané.

1. Kolmost k stěnám rovným. Položíme li do vírného osového pole, jež je sesíleno dle 1. způsobu, hranolovou tyčku aneb, jako na obr. 3., trubicí kolmo k ose reson. trubice, přemění se kroužkové pole v tvar lyry. souměrně rozložený dle osy reson. trubice; na vnějších vírech lze pozorovati, že se o trubicí opírají a k stěně kolmo se staví na místech, kde se



Obr. 4.

vložená trubice dotýká tabulky. Nastal podobný případ *přimenění* vírných trubic i v tomto poli, jako byl pozorován ve vírném poli u zvějíci sklenice. Čím více blížíme tyč anebo trubicí k trubicí reson., tím více vírných kroužků se vzpřímí.

Položíme-li do kroužkového pole hranolek k ose reson. trubice šikmo, jako na obr. 4., postaví se kroužky, jež dosahují hranolku, k jeho stěně kolmo, vzpřímujíce se. Hranolkem zkrátily se vírné kroužky; energie, jež by se byla spotřebovala na vytvoření kroužků celých, působila na zbývající jejich část, čímž se intensita pole valně sesílila.

2 Kolmost k stěnám křivým, jež mohou býti buďto vypukliny nebo dutiny. znázorňuje obr. 5. a obr. 6.

Obrazec 5. vznikl tím, že bylo vloženo do sesfleného osového pole (obr. 2.) závaží 10 g, tedy tvar kotoučku s kruhovou vypuklinou. Celé pásmo kroužků jest při stěnách zúženo a jednotlivé vírné trubice jsou stočeny tak, že míří ku geometrickému středu kruhu. Je li kotouček dle osy trubice souměrný, je i celý obrazec dle ní souměrný.

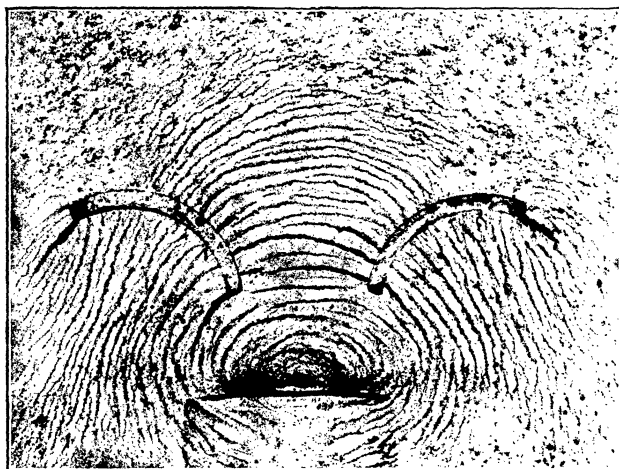


Obr. 5.

K obr. 6. jsem zřídil ze širší skleněné trubice druh zrcadélek zároveň dutých i vypuklých. Kolmost vírů k stěnám způsobila, že silokřivky v obou dutinách řídnu, a zbývající jich část, klenouc se mezi zrcadélky, u vypuklin houstne.

Silovými trubicemi přechází část energie, na rozezvučení zdroje zvuku spotřebované, v *silové pole*, jehož *intenzitu* lze na akustických vírech pozorovati. Na místech, kde akust. silokřivky houstnou, jest viděti hojněji nahnutého korkového prachu, nežli na místech, kde řídnu. Na místech, kde jsou silokřivky hustší, vystupují za pokusu piliny výše a to tím výše, čím jest amplituda stěn znějící sklenice větší.

Pokus jest v souhlase s poznatkem Helmholtzovým o zachování *vírné intensity* daného víru. Vírnou intensitou nazývá Helmholtz součin z průřezu vírné trubice q a z úhlové rychlosti částice, kolem osy vírné kroužící, ω ; takže platí rovnice $q\omega = \text{Const.}$



Obr. 6.

Na místech, kde silokřivky houstnou, stávají se vírné silové trubice užší a vírná rychlost větší; na místech, kde silokřivky řídnou, jsou silové trubice širší a rychlost vírná menší. Z obrazců 5. a 6. jest to zřejmo.

Zajímavo jest pozorovati sbírání akust. silokřivek vypuklinami kulovými.

(Pokračování.)