

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

František Kaňka

O silovém akustickém poli. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 39 (1910), No. 2, 156--166

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121871>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1910

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>

O silovém akustickém poli.

Rozšířená přednáška o IV. sjezdu přírodopytců a lékařů českých
v Praze r. 1908.

Napsal František Kaňka, professor v Praze.

I. Objev silového akustického pole.

A. *Vznik pole vírného.*

Zabýval jsem se pozorováním obrazců Savartových na desce Chladni-ho. Znamé pokusy — že znějící deska rozvíří vzduch k rozkmitaným částčkám přiléhající, jenž strhne s sebou plavuň na desku nasypanou do vírů, které se prozradí na určitá místa upoutanými kopečky, ustane-li náhle deska zníti — obměňoval jsem tím způsobem, že jsem plavuň nahrazoval jemnými, pak hrubými pilinami korkovými, kousky dřene ze sítiny anebo i značně velikými skrojky z korku.

Vzdušné víry nemají sice tolik síly, aby zvedly kousky dřene ze sítiny aneb korku, ale jsou tak mohutny, že způsobí pohyby otáčivé. Některá tělíska točí se směrem jedním, jiná směrem opačným. Některé tělíska víří delší dobu kolem jediného bodu. Zvláště patrných výsledků lze dosáhnouti na mosazné desce, která se rozchvívá skleněnou tyčí, k níž jest upevněna. Tyto pokusy svědčí o značné intenzitě vzdušných vírů.

Chtěje mimo to seznati tvar a vlastnosti těchto vírů, snažil jsem se jejich stopu zachytiti buďto plavuní aneb prachem korkovým.

Dřívější pokusy byly konány vesměs s deskami vodorovnými, při čemž byly víry svislé. Stavěl jsem tedy desky do polohy svislé a zachycoval vodorovné víry na papírovou černou tabulku, poprášenou korkovými pilinami.

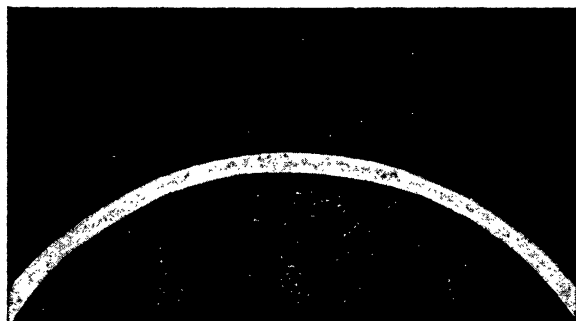
Úkaz byl překvapující: Mnohá místa rozchvělého pole, na nichž původně se kupily hromádky korkového prachu, stala se nyní patami vírných trubic, obloukovitě se klenoucích před stojatě rozkmitanou částí desky.

Zdařilejší obrazec jsem obdržel, když jsem užil svislé stěny sklenice místo Chladni-ho desky, postaviv ji před kruhově vykrojenou papírovou desku s popraškem korkovým. Objevil se

tvár, jaký činí silokřivky mezi protivnými póly magnetické podkovy.

Další snahou bylo poznati úplný obrazec vně i uvnitř sklenice.

Na tento pokus poslouží vysoká válcová sklenice aneb sklenice z velkého Meidingerova galv. článku, které vydávají čisté pronikavé tóny, třeme-li okraj otvoru silným basovým smyčcem, vedouce jej směrem průměru. Do desky z černého tuhého papíru se vykrojí kruhový otvor, jehož obvod jest o málo větší než vnější obvod okraje sklenice, a zbylý kotouč upraví se tak, aby měl obvod o málo menší, než vnitřní obvod okraje sklenice. Obě desky umístí se v téže rovině vodorovné asi 4 cm pod okrajem.



Obr. 1.

Posypou-li se obě desky jemným korkovým prachem a vyloudí-li se první svrchní tón, seřadí se pilinky v střídající se obloukovitě klenutá a paprskovitá pásma čar vně a pouze v obloukovitá uvnitř sklenice; obloukovitá proti šesti meziuzlím (rozkmitnám), paprskovitá v okolí uzlů před stěnami vnějšími. Celé okolí vně i uvnitř jest víry rozbrážděno, až na vnitřní hvězdicovitý tvar, kde jest klid.

Obrazec 1. podává část obdržného akustického obrazce, který vznikl přechodem od svislých vírů Savartových nad vodorovnou Chladniho deskou k vodorovným vírům svislých stěn sklenice; byl fotograficky ustálen v okolí sklenice z Meidingerova

článku v přirozené velikosti. Tento nový druh obrazců akustických představuje tedy *pole vírné*, jež je složeno z vírných trubic.

Úplný vnější i vnitřní akustický obrazec dá se napodobiti silokřivkami šesti magnetů sestavených v šestiúhelník tak, že dva a dva souhlasné póly tvoří vrchol. Na obou obrazcích, akustickém i magnetickém, je šest obloukových polí vnějších, šesti polí paprskovitého tvaru od sebe oddělených; uvnitř pak šest polí obloukových, svírajících šestirohé místo indifferenční. (Obr. 2.) Poloha šesti magnetů souhlasí s polohou šesti roz-



Obr. 2.

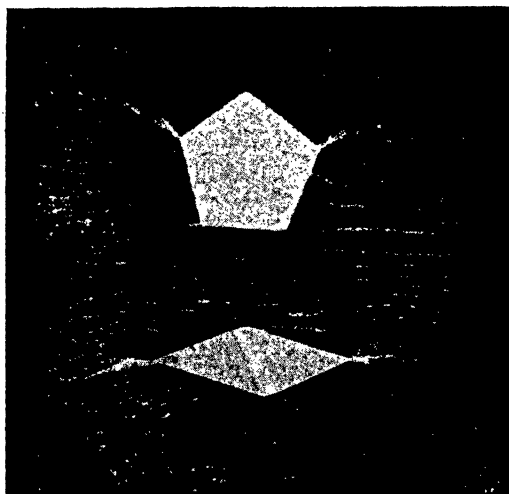
kmiten, na nichž tušiti lze i vírnou polaritu tak roztříděnou, jako na obrazci magnetickém, t. j. klenuté pole nad rozkmitnou zdá se odpovídati klenutému poli magnetickému nad místem indifferenčním a konce rozkmitny opačným pólům magnetické tyčky.

Nápadná podobnost tvarů obou obrazců vybízí k srovnávacím pokusům a určuje směr badání o vlastnostech vírného pole.

Poznámka: Pro další pokusy bude účelno znáti polohu uzlů, pročež ji označíme dle akust. obrazce trvale barvou.

B. Vlastnosti vírného pole.

a) *Prostornost.* Měníce polohu desk vně a vnitř sklenice, snadno se přesvědčíme, že pole vírné jest prostorové; neboť pošunujeme-li oboje desky samy k sobě rovnoběžně, dosahujeme stále téhož tvaru pole. Poznáme, že přiléhající vzduch jest vně i vnitř sklenice ve všech vrstvách stejným způsobem rozvířen, a že uzly tvoří uzlové čáry neboli uzliny, jež jsou u válcové sklenice rovnoběžny s osou podélnou.

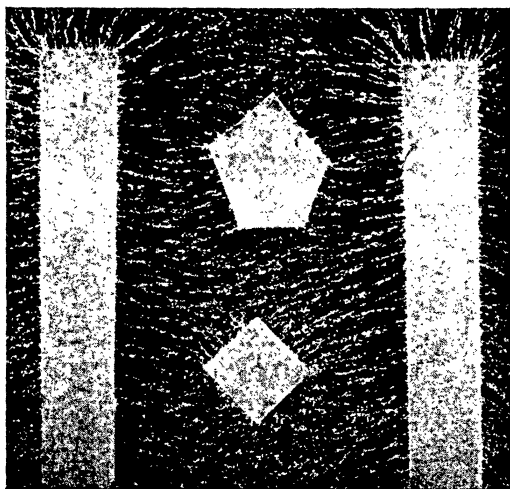


Obr. 3.

V okolí magnetické tyče se vyskytují dva různé tvary magnetických obrazců, dle toho, pozorujeme-li je na rovinách s magnetickou osou rovnoběžných, anebo na osu kolmých. Podobně jest tomu v okolí sklenice. Akustický obrazec, jenž vzniká v rovině, na podélnou osu sklenice kolmo položené, se liší od obrazce, který se jeví v rovině s osou sklenice rovnoběžné.

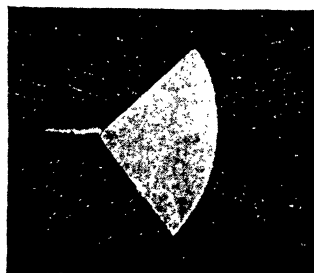
Zvlášť zajímavých tvarů vírných polí nabudeme pod znějícími deskami Chladni-ho dle toho, jsou-li upevněny aneb volny. A opět se tyto tvary různí od obrazců, které obdržíme na rovinách k deskám Chladni-ho kolmých.

Setrvejme napřed u obrazců, jevících se v rovině k ose sklenice kolmo stojící; teprve později pro složitost zjevu bude moci býti jednáno o tvarech ostatních.

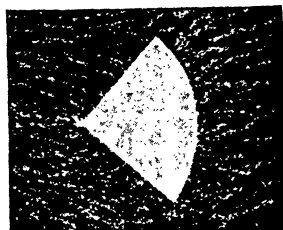


Obr. 4.

b) *Kolmost vřřů akustických k stěnam těles.* Zhotovme z korkové desky tvar, jenž by měl dutinu válcovou a stejno-



Obr. 5.

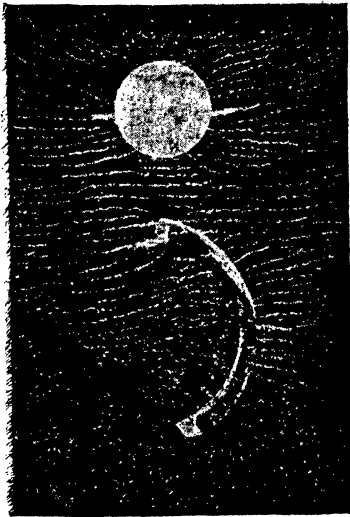


Obr. 6.

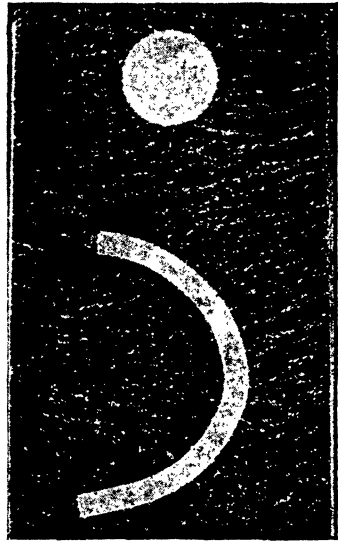
běžnou se stěnou sklenice pro určitou vzdálenost. Délka jeho budiž jako dvou rozkmiten. Položíme-li jej do vírného pole,

změní se obloukové pole v tvar paprskovitý, vzpřímený. Projevila se základní vlastnost vírů: kolmost k stěnám, k nimž se přimykají, jakoby se přisávaly.

Kolmostí silokřivek ke stěnám vyznamenává se též pole magnetické: Kotva vzpřímí silokřivky, přiblíží-li se k pólům magnetické podkovy.



Obr. 7.



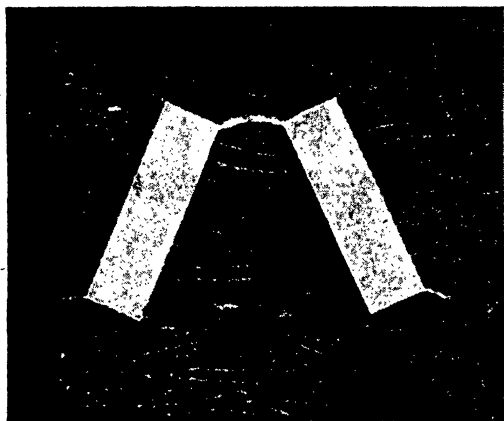
Obr. 8.

Pročež, vložíme-li do kterékoliv části pole vírného nebo magnetického železná tělíska určitého tvaru, utvoří se tímž tělískem stejný obrazec. Při tom se hromadí nejvíce pilin na rozích; vypuklinami akustické víry i magnetické silokřivky se sbírají, houstnou; dutinami se rozptylují, řidnou.

Na doklad toho jsou zde uvedeny srovnávací obrazce: Obr. 3., 5. a 7. z akustického pole vírného, obr. 4., 6. a 8. z pole magnetického.

Více dokladů toho druhu poskytne další pojednání; později bude též ukázáno, jak lze si pořídit pásma mohutného pole vírného, jehož se týkají obrazce 3., 5. a 7.

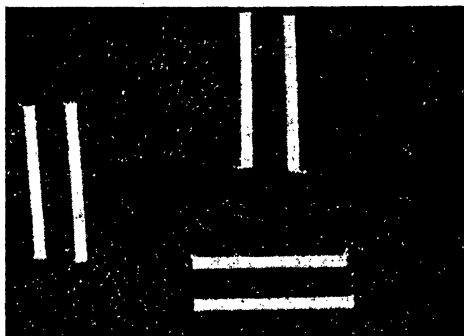
Na obou druzích srovnávacích obrazců lze pozorovati, že týmž způsobem se sbírají určitým tělískem víry akustické, jako silokřivky magnetické. Stane-li se v magnetickém poli železné tělísko indukcí magnetickým, lze o něm pokusem stvrditi, že se v akustickém poli zachvívá; neboť položíme-li je na poprášenou desku, uvidíme po pokuse, že jsou pod ním piliny žilkovitě seřazeny. Lze tedy týmž právem uznávati *permeabilitu akustickou* jako magnetickou. V poli akustickém podléhá *indukci vírné* těleso tuhé podobně jako těleso paramagnetické v poli magnetickém indukcí magnetické.



Obr. 9.

Taktéž pokusy vykonané dvěma železnými, po případě korkovými hranolky a to rovnoběžnými, sbíhavými nebo rozbíhavými, poskytnou v poli magnetickém i vírném za stejných podmínek stejných výsledků: Rovnoběžné hranoly přetvoří kterýkoliv druh polí v pole stejnoměrné (homogenní), položíme-li je napříč silokřivkám magnetickým aneb vírům akustickým, a způsobí magnetický, po případě akustický stín, dáme-li je s příslušnými čarami do stejnohlosti; hranoly sbíhavé a rozbíhavé přetvoří pole, třeba stejnoměrné, v obloukové, jehož vypuklina jest obrácena k širšímu otvoru hranolů a to opět v poli magnetickém i vírném.

Kladu sem obrazec z pokusu akustického (obr. 9.) a z magnetického (obr. 10.); ostatní případy bude lze posouditi z obrazců níže položených (obr. 11. a 12.).



Obr. 10.

C. Účinky ponderomotorické.

α) V poli vnějším.

1. Pozorujeme-li pole, pilinami z korku znázorněné, sledáme dvojí pohyb pilin ke sklenici: Na uzlinách se sesypávají piliny trvale ku sklenici (tok pilin), kdežto proti rozkmitnám se valí řad pilin po řadě.

Tyto dvoje pohyby znamenají, že se na pásmu vírných trubic akustických jeví tah podél os vírných k uzlům a jako výslednice rovnoběžníka těchto dvou sil tlak příčný k vírným osám.

Zazní-li zvukový zdroj mocněji, zvedají se piliny, vírnými trubicemi hnuté, výše. Tímto ježením se pilin prozrazuje se *vírná intensita* pole na některém pozorovaném místě. Akustické víry šíří se dle toho určitým směrem a určitou intenzitou; jsou tedy silovými útvary, jejichž osy podélné možno zvatí dle obdobného pojmu magnetického vírnými (akustickými) silokřivkami.

Akustický vír je podstatou svou silová trubice a akustické pole vírné jest dle toho *akustickým polem silovým*.

2. Vložíme-li do akustického pole proti rozkmitně kuličku z bezové duše, sebere akustické silokřivky, které jsou v dosahu,

podobně (obr. 7.), jako ocelová kulička na obr. 8.; to znamená: akustické víry přimknou se k ní, kolmo se k jejímu povrchu stavějíce.

Toto přimknutí se děje se s takovým úsilím, že se jím může vyvážití síla, která působí příčným tlakem na vírnou osu akustického víru, a řady pilin přestanou se ke sklenici pohybovati. Při značném rozkmitu stěny stane se přitažlivost k uzlům větší a příčný tah může zmohutněti tak, že smete akusticky rozvířený prach i s kuličkou ke sklenici a to kolmo k akustickým silokřivkám obloukovým. Tento poslední pokus zdaří se zvláště tenkrát, učiníme-li z kuličky kyvadélko jen tak dlouhé, aby se poprášku dotýkalo.

Zmíněná kulička sbírá siločáry i na poli paprskovitém před uzlem; i zde se může kulička i kyvadélko ke sklenici přitáhnouti. Právě úkaz přitažlivosti na uzlech vysvětluje podstatu akustické přitažlivosti: Akustický vzduchový vír přimkne se k tělísku, rychlé kroužení částíček kolem osy vírné snaží se vírnou trubici rozšířiti, čímž se vír zkracuje a způsobuje tah ve směru vírné osy; neklade-li tělísko značného odporu, pohybuje se, kam je zkracující se vírná trubice táhne.

Působení částí vírné trubice možno si znázorniti otáčejícími se obručemi kolem společné osy na odstředivém stroji. Osa otáčecí může představovati osu vírnou a otáčející se částice na obručích mohou znázorňovati částice víru v různých vzdálenostech od osy vírné. Odstředivou silou se celý tvar rozšiřuje a při tom se podél otáčecí osy zkracuje; rozšiřováním se může způsobiti tlak na okolí, stahováním se tah na těleso, po volné straně obručí upevněné.

Přimění se akustických vírů jest následek snahy zkrátiti se směrem vírné osy.

3. Pokusy s kyvadlem, jež je zřízeno z kokonového vlákna a z papírové destičky 1 cm dlouhé a 7 mm široké; rovina destičky jest svislá a odlehlost její od sklenice 1 cm.

Postavme stojánek s kyvadélkem tak, aby rovina destičky kolmo stála ke stěnám sklenice. Nalézá-li se kyvadélko před rozkmitnou znějící sklenice, obdrží popud k otočení se na levé nebo na pravé straně dle toho, ku kterému uzlu jest strana

destičky blíže; kyvadélko snaží se stavěti se do polohy silokřivky na tom místě.

Stočíme-li sklenici tak, aby bylo kyvadélko proti uzlu, a aby byla rovina destičky ve stejnolehlosti se silokřivkami uzlovými, nezmění destička této své polohy k silokřivkám, bude však přitažena ku sklenici.

Zaujme-li rovina destičky ku stěnám sklenice polohu rovnoběžnou, setrvá v této poloze proti vrcholu rozkmitny, ale neseťrvá v ní proti uzlu, nýbrž stočí se do stejnolehlosti se silokřivkami. V prvním případě se deska ke sklenici opět přitáhne.

Kulička na kyvadélku jest proto přitahována rozkmitnou i uzlem, poněvadž je v kuličce vždy obsažena rovina rovnoběžná se silokřivkami rozkmitny i uzlu; kdežto destička jest tenkrát přitažena, když jest její rovina rovnoběžna se silokřivkami některé části akustického pole.

4. Jako destička chová se i korková tyčinka, zavěšená na vlákně tak, aby její podélná osa byla v poloze vodorovné.

Pokud má podélná osa její polohu silokřivek, ať již na-proti rozkmitně aneb uzlu, nenastane pohyb otáčivý. V poloze jiné se tyčinka pootočí v určitém smyslu dle toho, ke kterému uzlu jest některý konec tyčinky blíže.

5. Teprv objevem akustických silokřivek lze porozuměti tomu, proč jest papírová destička nebo tyčinka na některém místě u znějícího tělesa přitahována, na jiném odpuzována. Na prozkoumání tohoto úkazu zřídil jsem ještě srovnávací větrníky.

Na společném podstavci z korku jsou zapíchnuty dvě jehly, které jsou otáčecími osami dvou dvojkřídlych větrníků, jejichž papírové lopatky jsou svislé. Postavíme-li tuto dvojici tak proti uzlu, aby byla křídla rovnoběžna s normálou, která v uzlu na stěně stojí, a zazní-li sklenice, stočí se oba větrníky k uzlu. Úkaz činí dojem přitažení. Dáme-li pak onu dvojici před vrchol rozkmitny tak, aby byly oba větrníky rovnoběžny s normálou na vrcholu rozkmitny strmící, vzdálí se křídla, ke sklenici obrácená, od vrcholu. Úkaz činí dojem odpuzení.

Zřídíme-li názor vírného pole prachem korkovým, poznáme, že byla křídla tažena k nejbližšímu uzlu a že se snažila zaujati polohu silokřivek.

6. Mlýnek se čtyřmi svislými papírovými lopatkami lze roztočiti kolem svislé osy kdekoliv u sklenice ve smyslu ručiček hodinových anebo proti nim. Nejsnáze se to děje u uzlů. Tah k uzlům a stavění se desk do stejnolehlosti s akustickými siločarami podává vysvětlení pohybu.

Zde jest nutno s důrazem vytknouti, že po akustickém větru není při tom ani památky a že tedy uvedené pohyby mohou býti jediné způsobeny silovými víry akustickými.

7. Kdežto jest kulička z bezové dřevě kdekoliv ke znějící stěně sklenice tažena, jest plamen svíčky nebo plynový kdekoliv odpuzován. Jest to projev nestejně akustické permeability, o níž bude obsírněji jednáno později. Zde chci pouze ukázati na změnu tvaru plamene svíčky dle polohy akustických silových čar. Zazní-li sklenice, sploští se plamen a staví se svou plochou do polohy silokřivek; tedy proti uzlu stojí jeho plocha na stěně kolmo, kdežto je proti vrcholu rozkmitny se stěnou rovnoběžná; na jiných místech zaujímá polohu ke stěně šikmou zcela dle běhu příslušné silokřivky.

Stáčíme-li sklenici od uzlu k uzlu sousednímu, vystřídají se na plameni všechny možné polohy sploštění. Tímto způsobem bychom mohli přibližně na sklenici stanoviti polohu všech uzlů.

Pokusy stejného druhu o účincích ponderomotorických, jaké byly vykonány v poli akustickém, lze vykonati i v poli magnetickém.

V silném poli batterie magnetické se posouvají železné piliny k pólům a na obloukové části pole se hrnou celé řady napříč silokřivek, otřeseme-li deskou, na níž se obrazec tvoří; kuličkou ocelovou nebo kroužkem železným možno magnetickou sílu pole vyvážit tak, že se piliny nesouvají; destička železná, na niti zavěšená, klade se do polohy silokřivek; kyvadélko se železnou kuličkou pohybuje se na části klenutého pole napříč silokřivek.

K tomuto případu učinil jsem ještě pokus následující: Na tyčovitý magnet jsem položil počázenou skleněnou desku a posypal jsem ji hrubými železnými pilinami. Když jsem klepal na desku, nepřeskakovaly piliny ze silokřivky na silokřivku, nýbrž ryly dráhy obloukové kolem nejbližšího pólu kolmo na klenuté silokřivky.

(Pokračování.)