

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

František Kaňka

Důsledky akusticko-dynamického principu. [II.]

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 44 (1915), No. 4-5, 439--452

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121498>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1915

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*.



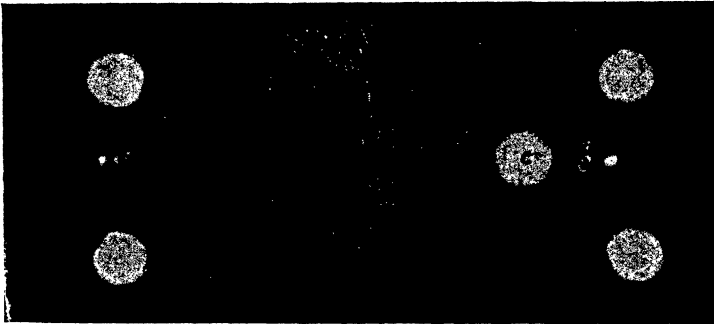
This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## Důsledky akusticko-dynamického principu.

Napsal školní rada **František Kaňka.**

(Dokončení.)

D. Rozklad a sklad obrazců pod znějícími deskami. — Uvedu dva případy obrazců pod obdélníkovými skleněnými deskami, a to případ *a*), kde deska poskytuje dvě sousední rozkmitny, a případ *b*), kde se deska dělí příčně na tři sousední rozkmitny.

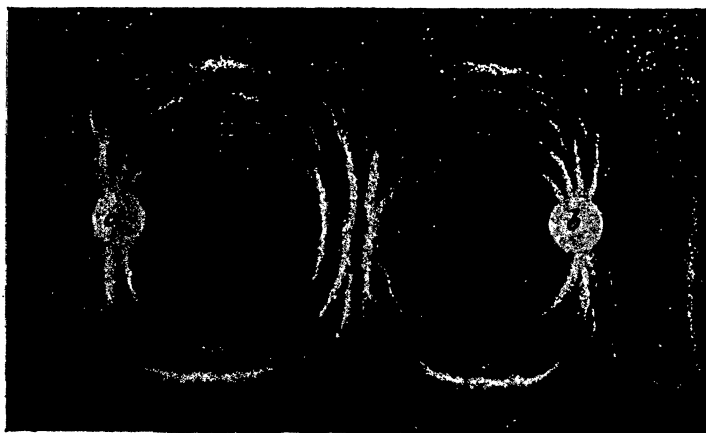


Obr. 7.

K případu *a*). — Na obr. 7. jest zachycena skoro celá úprava příslušného pokusu: Skleněná deska, jejíž rozměry a Chladniho obrazec byly udány již výše (obr. 5.), opírá se o čtyři opěry; na desce ukazuje kotouček *c* místo, v němž rozkmitávací skleněná tyč ( $l = 89 \text{ cm}$ ) působila, a pod deskou se jeví podrobně provedený obrazec, k němuž bylo užito jemného písku. Obrazec přesahuje šířku desky a má ráz rozpojitosti. Srovnáme-li jej s obrazcem 5., výše uvedeným, připadá vrchol rozpojení pod střední uzlinu Chladniho obrazce. Podobně jako železný kotouček sbírá siločáry magnetické, lze viděti všecy čtyři korkové opěry sbíratí víry akustické. Pozorovati lze, že se mezi soused-

ními opěrami vyvinula pole spojitá, a že na některých místech splynuly dva i tři víry v jediný mocnější, zvláště pod prostřední uzlinou.

Ačkoliv je v tomto případě provedení v jemném písku bezvadné, jest přece radno užívati k vytvoření obrazců pod kmitajícími deskami prachu z korku, jenž se dá snadno jednotlivými víry hrnouti v hrobkovité řady na význačná místa dle jich intensity a kupiti někdy v podobě tenkých svislých stěn až do výše 3 mm.



Obr. 8.

K obrazci následujícímu (obr. 8.) bylo užito toho prachu, a předešlá kmitací deska byla podepřena poblíže bodů *a*, *b*.

Při této příležitosti, aby čtenář, hodlaje napodobiti tyto pokusy, mohl si vybrati druh prášku jemu vyhovující, a pak, chtěje co nejrychleji vyhověti přání pana dvorního rady Strouhala, pronesenému o V. sjezdu českých přírodopytců a lékařů, abych svoje pokusy konal též jinými prášky než prachem korkovým, připojuji ještě třetí fotografii téhož pokusu, k němuž však bylo vzato popela z doutníku (obr. 9.).

Akustické víry konají i zde podobnou práci, jako v obou pokusech předešlých: Šířice se v pásmech sousedných, řadí tak i prach v cestě jim ležící, k čemuž se spotřebuje větší nebo

menší množství energie dle větší nebo menší specifické hmoty upotřebeného prášku; takže — při podložce, k níž málo lnou — poměrně více energie bylo třeba na seřazení písku (obr. 7.) než na seřazení popela (obr. 9.) a nejméně na seřazení korkového prachu (obr. 8.). Plavuň a sirný květ, lpějící příliš na podložce, se k těmto pokusům méně hodí než prach z korku, jehož bude užito u všech pokusů následujících.

K *rozkládání* onoho obrazce na elementární osová pole jest zapotřebí seskupení desek takového, jak bylo výše popsáno, t. j. desky propouštěcí a kmitací s rozkmitávací tyčí.

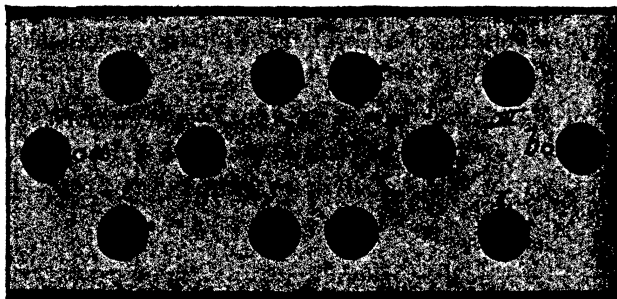


Obr. 9.

Poněvadž jest těchto částí účel nový, budu nazývati desku propouštěcí *rozbornou* a desku kmitací deskou *obrazotvornou*.

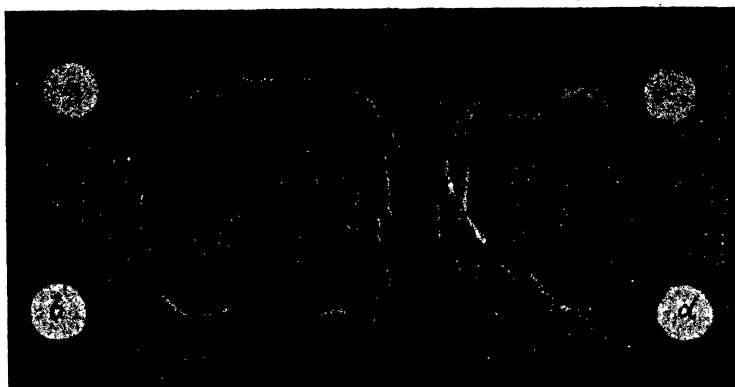
Aby nebylo třeba hromaditi si rozborné desky, jež by byly opatřeny různým počtem otvorů, upravil jsem desku jedinou s mnoha otvory, k nimž náleží též tolik zátek. Tím jest možno ponechatí na ní pod každou rozkmitnu desky obrazotvorné po jednom, dvou i více otvorech a obdržeti po jednom, dvou i více osových polích neboli skupinách vírných. Moje rozborná korková deska, rozměrů  $9 \times 3.5 \times 1 \text{ cm}^3$ , má v třech řadách 24 otvory ( $2r = 7 \text{ mm}$ ).

Za všechny kombinace, jež možno zde sestaviti ke skládání elementárných polí, volil jsem seskupení otvorů, jež naznačuje obr. 10., a k němuž přiléhá rozborný obr. 11.



Obr. 10.

Deska rozborná byla na rozích podepřena čtyřmi opěrami *a, b, c, d*. Pod levou rozkmitnou uplatňují se otvory 1, 2, 3, 4, 5

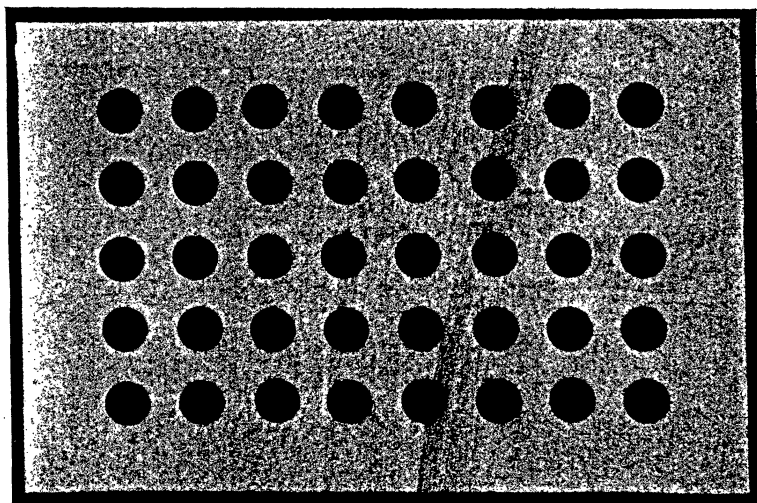


Obr. 11.

a pod pravou I, II, III. Každým otvorem utvořeno jest pole osové. Po levé straně činí čtyři, po pravé tři elementární skupiny společné pole spojitě, jež jsou ve vzájemné rozpojitosti, jak toho původní obrazec žádá.

Ponecháme-li na rozborné desce po každé straně dvě rovnoběžné příčné řady po třech otvorech v určité od sebe vzdálenosti, nabudeme pole solenoidového, podobného výše uvedenému obrázci 1.

Zaměňme předešlou rozbornou desku jinou z tuhého papíru, která má na ploše  $73 \times 44 \text{ mm}^2$  v pěti řadách 40 otvorů ( $2r = 6 \text{ mm}$ ), jak ukazuje přiložený obr. 12.



Obr. 12.

Soudíce podle předešlého pokusu, očekáváme, že vznikne mnoho vírných skupin pod rozbornou deskou, které budou ihned v sebe akustickodynamicky působiti.

Výsledek toho působení podán jest obrázcem 13.

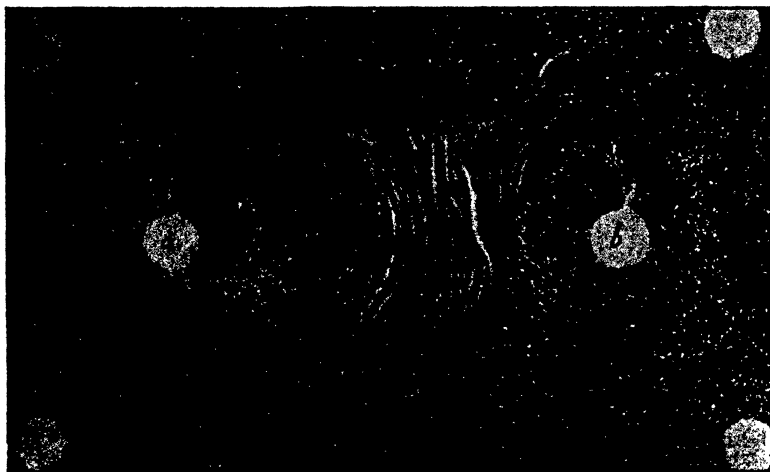
Na tomto obrázci jest viděti, že byla rozborná deska podepřena na všech rozích i v bodech „*a*“, „*b*“. Stejnolehle s těmito dvěma body byly na rozbornou desku položeny nové opěry pro desku obrazotvornou. Obdržžený obrazec vystihuje ráz původního obrazce (obr. 7.) pod kmitající deskou.

Z toho lze i dále usuzovati: Rozborná deska tvoří na podložce samé vírné skupiny; z mnoha těchto vírných skupin lze složiti obrazec shodující se obrazcem pod znějící deskou. Z toho

jde, že možno i původní obrazec pod znějící deskou pokládati za útvar, jenž se skládá z elementárních vírných skupin (poznatek (3)).

Znějící deska tedy, kmitajíc, tvoří v přilehlé vrstvě vzduchové skupiny elementárních vírů, které, dopadnouce na podložku, skládají se ve výslední obrazec.

Též bylo zkušeno, že rozbořem vyrobený obrazec původnímu tím více se podobá, čím má deska rozbořná na stejné ploše více otvorů. Taková deska rozbořná může být pak nahrazena hustou



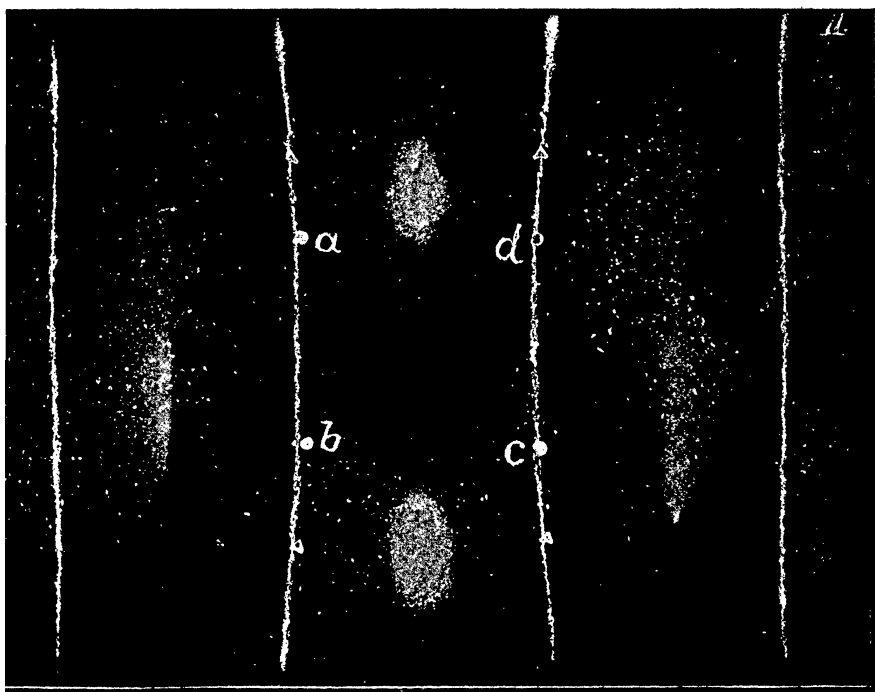
Obr. 13.

mřížkou, ba třeba i tkaninou, takže je ponětí o akustických obrazcích pod znějícími deskami — jako o vírných polích — podepřeno i poznatkem (7) Northrupovým; neboť ani hustá mřížka neklade obrazcovým vírům pod kmitající deskou rušivých překážek.

K případu b). — Za obrazotvornou desku byla zvolena skleněná deska o ploše  $11.9 \times 8.9 \text{ cm}^2$  a tloušťce  $1.4 \text{ mm}$ . Obrazec 14. jí představuje s určitým Chladniho obrazcem, čtyřmi příčnými uzlovými čarami, jimiž jsou na desce vymezeny tři skoro rovné rozkmitny.

Deska byla podepřena v bodech  $a, b, c, d$  a rozkmitána skleněnou tyčí ( $l = 89 \text{ cm}$ ), jež působila uprostřed desky. Je-li při

tom zároveň poprášena podložka, utvoří se pod deskou trojdílný obr. 15., který je pěkně propracován a na němž opěry konají svůj sběrací vliv, takže z dvou polí solenoidových s víry rovnoběžnými byly jimi vytvořeny tvary čočkovité. Pěkný tvar polí solenoidových bychom obdrželi, kdybychom podepřeli desku v bodech, jež jsou na ní označeny trojúhelníčky.



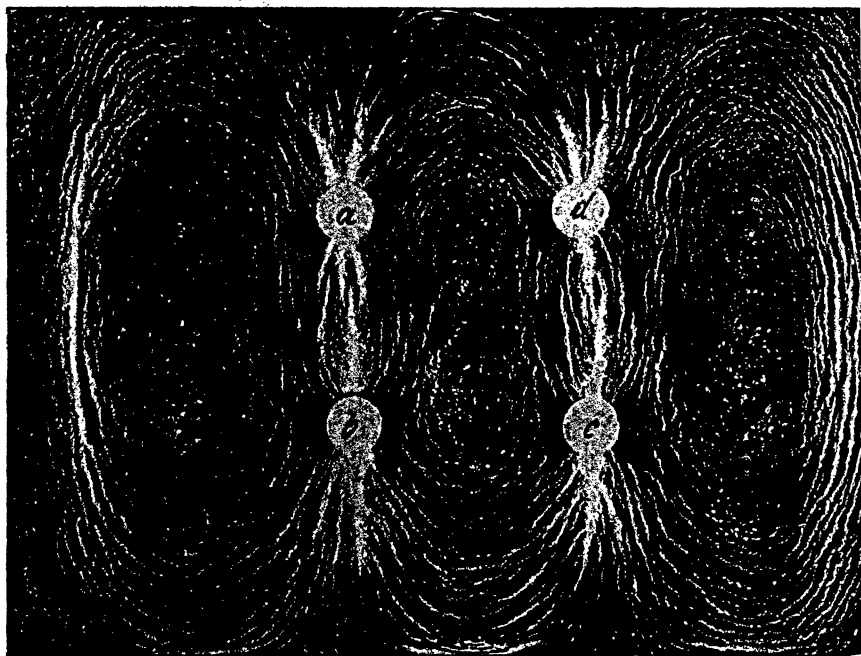
Obr. 14.

K rozkládání tohoto obrazce na vírná základní pole zřídil jsem korkovou desku, rozměrů  $108 \times 85 \times 8 \text{ mm}^3$ , opatřiv ji třemi řadami po třech kruhových otvorech ( $2r = 14 \text{ mm}$ ), takže — hledíme-li na ni dle šířky — mohou pod každou rozkmitnu desky obrazotvorné připadati tři otvory. Zátkami dobře přiléhajícími možno otvory ucpávati a zkoumati působení desky rozborné



s jedním, dvěma i více otvory v různých polohách možných, které připouští poloha daných otvorů.

Podepře-li se rozborná deska opěrami na všech rozích, umístí-li se na ní deska obrazotvorná pomocí nových čtyř opěr *a*, *b*, *c*, *d* a rozkmitá-li se tyčí tak, jak bylo výše naznačeno, obdrží se jedním otvorem pod kteroukoli rozkmitnou rozsáhlé



Obr. 15.

jednoduché osové vírné pole; dva otvory poskytnou dvě taková pole, která však ihned splynou v pole spojitě, jsou-li pod touž rozkmitnou, nebo vytvoří pole rozpojitě, jsou-li pod sousedními rozkmitkami, vesměs dle známých již zákonů akustickodynamických (poznatek (4)).

Tyto případy lze najednou ukázati pokusem jedním, ponecháme-li na rozborné desce pod střední rozkmitnou otvory dva a pod sousední jeden. Vznikne tak obr. 16.; připojíme-li pak

k tomuto seskupení čtvrtý otvor pod druhou sousední rozkmitnou, nabudeme obr. 17.

První z těchto dvou obrazců napodobí obr. 1. v zmíněném nahoře článku „O akustickodynamickém principu“, druhý vysvětluje dění v obrazci 2. tamtéž. V onom pojednání, jak bylo

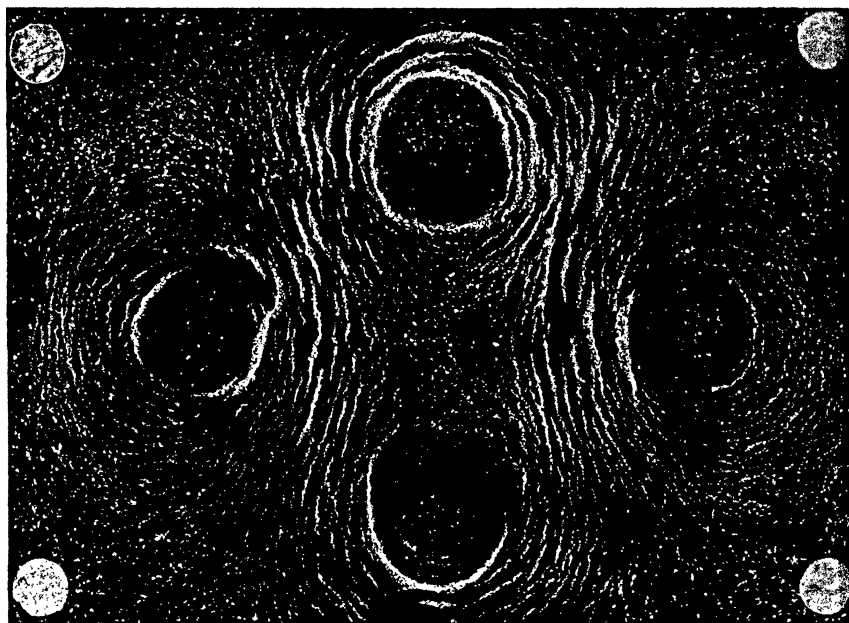


Obr. 16.

z počátku praveno, dovedl jsem napodobiti pouze obr. 1., trojdílný; nyní se mi též zdařilo použitím desky rozborné a desky obrazotvorné s třemi rozkmitnami napodobiti i obr. 2., čtyřdílný.

Utvoříme-li v desce rozborné pod prostřední rozkmitnou otvory dva neb tři a pod sousedními rozkmitnami po třech, ponechajíce uspořádání pokusu totéž jako prve, vznikne obrazec, který obsahuje dvě pěkná solenoidová pole uprostřed, družící se k obr. 1. tohoto pojednání a připomínající jeho názor v obr. 2.

Vložíme li ještě do těchto solenoidových polí opěrné kotoučky *a*, *b*, *c*, *d*, a rozkmitáme-li znovu obrazotvornou desku, přimknou se víry na solenoidech ke kotoučkům, a vzniklý obrazec (obr. 18.) nabude téhož vzhledu, jaký měl původní obrazec (obr. 15.) přímo pod deskou obrazotvornou.<sup>22)</sup>

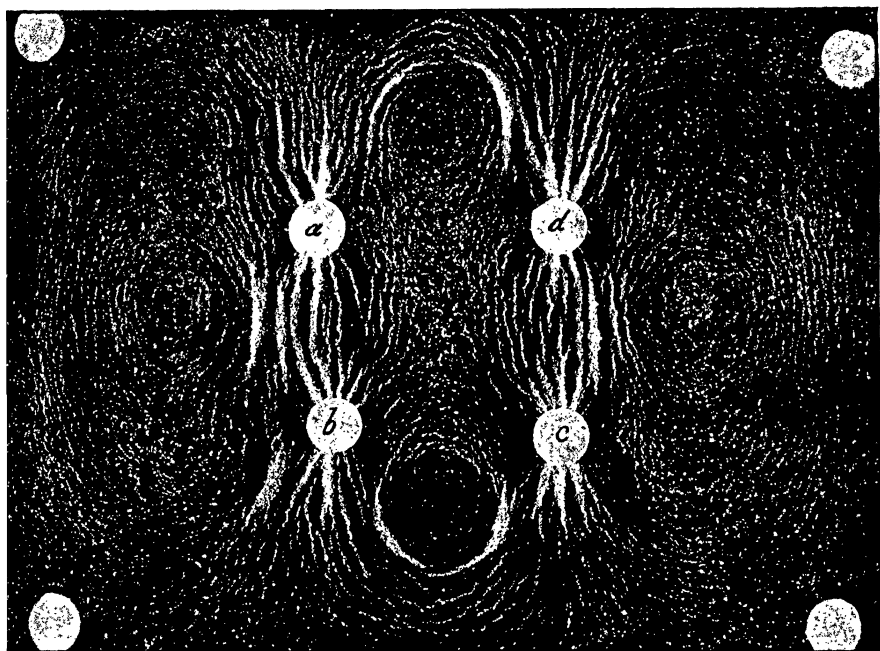


Obr. 17.

Na vzniklém obrazci lze rozeznati osm elementárných osových vírných polí, jejichž víry, dle akustickodynamického principu se spojivše nebo zůstavše rozpojenými, způsobily, i co do směru i co do mohutnosti, dění toho druhu, jakožna obrazci původním. Patrně, že se přímé dění pod obrazotvornou deskou přenáší do větší vzdálenosti deskou rozbornou.

<sup>22)</sup> Obrazce: 3., 14., 15., 16., 17. a 18. jsem ukázal projekci pokusů o V. sjezdu českých přírodopytců a lékařů r. 1914.

Abychom se ještě více přiblížili významu *akustickodynamického principu*, že totiž možno každé místo původního obrazce bez výhrady pokládati za zdroj elementárního prstencového víření, nahradíme předešlou rozbornou desku o devíti otvorech deskou jinou, která má rozměry  $126 \times 96 \times 8 \text{ mm}^3$  a obsahuje



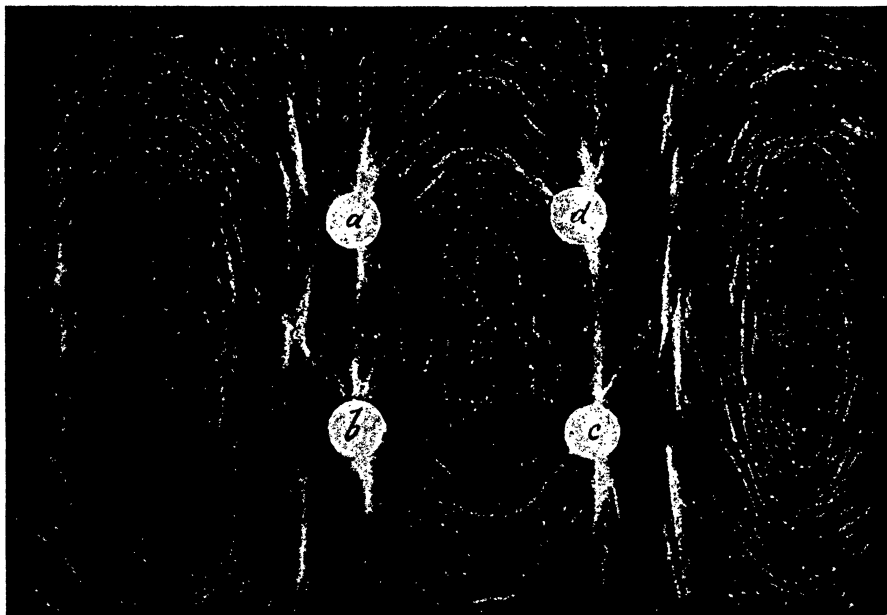
Obr. 18.

na ploše  $12 \times 9 \text{ cm}^2$  108 otvorů ( $2r = 7 \text{ mm}$ ) v devíti řadách, takže na  $1 \text{ cm}^2$  připadá jeden otvor.

Obr. 19. jest výsledkem této výměny; kreslí ještě podrobněji rázovité jednotlivosti původního obrazce. Je na něm pozorovati četná místa, která, ležíce pod otvory rozborné desky, stala se středy způsobených vírných prstenců. Ráz tohoto obrazce potrvá, připevníme-li na rozbornou desku po svrchní nebo po spodní straně list plátna, čímž se opět připomíná nepatrný vliv tkaniny na prostup vírných prstenců (poznatek (7)).

Tedy i takovou hustou mřížkou, kterou tvoří list plátna, proniká vírné dění se všemi vlastnostmi složitého akustického pole, které měly svůj původ pod kmitající deskou.

Pro čtenáře, jenž by, chtěje pokusy z případu *b*) zopakovati, nenalézal desky s právě takovým Chladniho obrazcem, jako jest



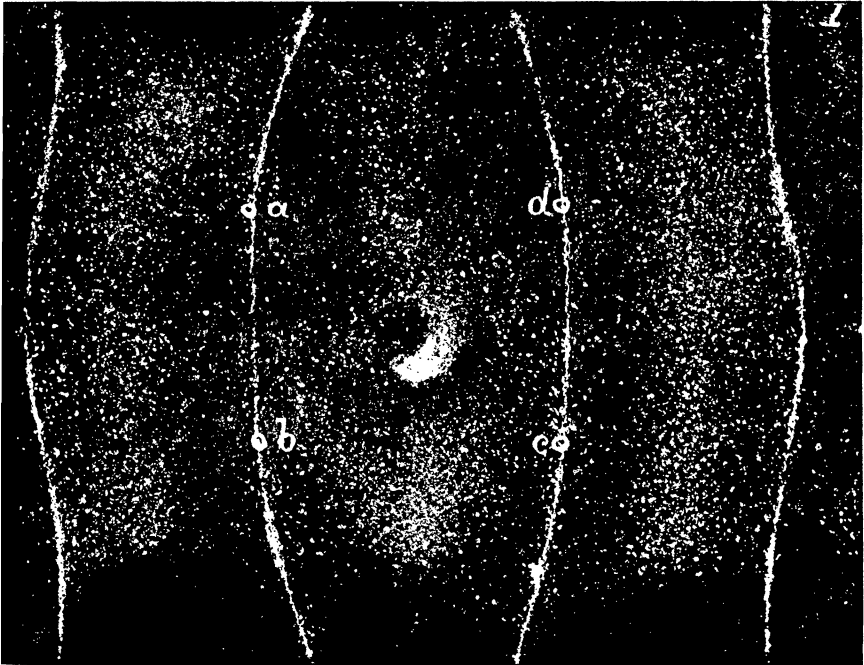
Obr. 19.

obr. 14., dokládám, že lze k tomu zvoliti a několika pokusy upravití desku jinou, jako jsem se o to sám pokusil následující deskou slabší:

Tato deska má plochu  $11.9 \times 8.9 \text{ cm}^2$  a tloušťku  $1.1 \text{ mm}$ . Aby se dala rozezníti touž tyčí ( $l = 89 \text{ cm}$ ), bylo třeba vyhledati polohu čtyř opěrných bodů *a*, *b*, *c*, *d* a patu tyče opět opřítí o střed desky. Vznikl tím obr. 20.

Obrazec Chladniho jest poněkud změněn; obrazec pod deskou (obr. 21.) se však od obr. 15. valně neliší; toliko prostřední díl jest širší.

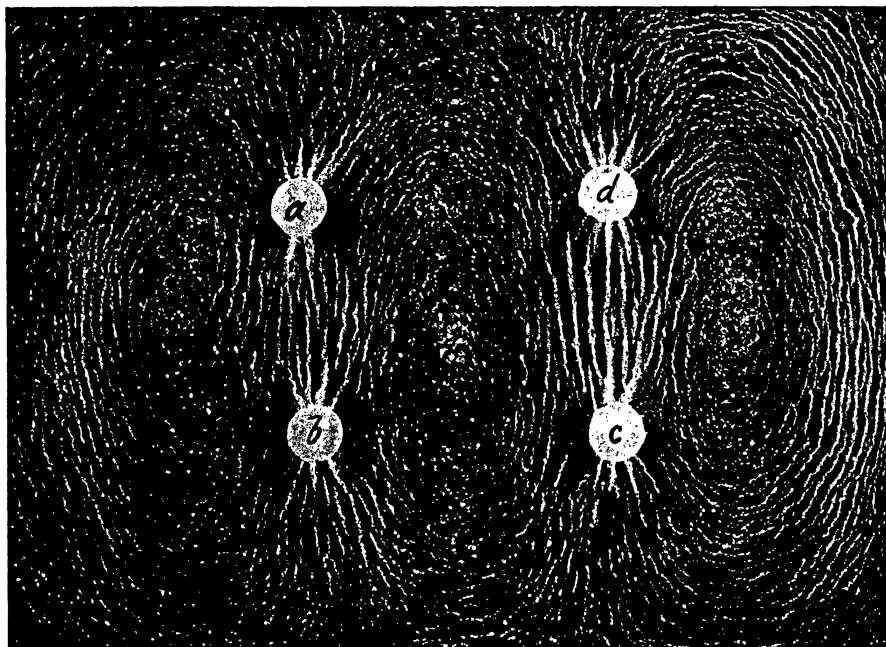
Jest zjevno, že bychom mohli, užíjíce i této desky, týmiž rozbornými deskami a s týmž výsledkem zopakovati pokusy o rozkladu a skladu obrazců pod znějící deskou, jako v případe předcházejícím.



Obr. 20.

*Rozklad* zvukového obrazce pod kmitající deskou na vírná kroužková pole a *sklad* polí kroužkových dle vírné stejnosměrnosti nebo protisměrnosti projevuje se všude, ve všech zvláštnostech a v každé části složitého akustického obrazce, jenž se tvoří pod rozbornou deskou nebo mřížkou; jednotlivými otvory rozborné desky prochází tolik a co do intensity tak odstíněné vírné energie, že postačí, aby po případě znovu zřídila třeba i složitý původní obrazec.

Každým otvorem rozborné desky nebo mřížky vytvoří se pouze jednoduché osové pole; s každým tímto osovým polem přenášejí se vlastnosti příslušného místa složitého vírného pole pod obrazotvornou deskou.



Obr. 21.

Tím jest experimentálně zodpověděna otázka, na počátku tohoto článku položená, o *napodobení*, jakož i opětně potvrzeno *poněti o vírné podstatě* akustických obrazců pod znějícími deskami.