

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

František Kaňka

Důsledky akusticko-dynamického principu. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 44 (1915), No. 2-3, 243--253

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/124094>

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>

výhody, jež máme, vsuneme-li do solenoidu železné jádro.
Řádově stane se tím intenzita

1000-krát

větší, tak že celkem bude pole na povrchu

4.000-krát

slabší než intenzita zemského magnetismu. Pole to měřilo by
na povrchu koule řádově

několik tisícin

absolutních jednotek, t. z. gaussů. Do dálky od koule by sláblo
s třetí mocninou vzdálenosti.

Jemné přístroje ku pozorování zemského magnetismu dá-
vají ještě jednotky pátého místa za desetinnou tečkou, stačí tedy
ku měření

stotiscin gaussů.

Je tedy experimentální ověření těchto myšlenek již na
hranici dosažitelného. Ovšem šlo by o pokus tak nákladný a sub-
tilní, jako jest určení gravitační konstanty. Jsou však ještě jiné
možnosti a vyhlídky na ověření theorie, jež by ale vybočovaly
z rámce tohoto pojednání.

Důsledky akusticko-dynamického principu.

Napsal školní rada František Kaňka.

I. *Napodobení obrazců pod znějícími deskami.*

A. Fyzikální poznatky. — Pojednáváje experimentálně
o akustickodynamickém principu¹⁾, vyšel jsem ode dvou vý-
značných obrazců pod znějící deskou (obr. 1. a obr. 2. tamtéž),
na nichž byla patrna spojitost i rozpojitost vírných polí s křivkami
lemniskatovými. V dalším postupu práce podařilo se mi zatím
napodobiti pouze trojdílný obr. 1. třemi vírnými skupinami²⁾;
zůstalo však otázkou, jak lze napodobiti čtyřdílný obr. 2. i jiné
složitě obrazce?

1) Tento Časopis roč. 42., str. 431.

2) Tamtéž obr. 8. a obr. 24.

K experimentálnímu zpracování nějaké fyzikální otázky potřebujeme znáti určitý počet nezvratných *poznatků*, jež by nepodléhaly soukromému mínění.

Některé potřebné poznatky byly již uvedeny v tomto Časopise, jiné budou následovati.

Stůjtež zde tyto:

(1.) Dopadne-li proud vírných prstenců kolmo na stěnu, rozšíří se na ní ve skupinu soustředných kroužků³⁾.

(2.) Skupinu vírných kroužků (prstenců) možno zváti vírným polem, jež jest úplné mechanické analogon silového pole⁴⁾.

(3.) Poznatek o akustickodynamickém principu⁵⁾, jež jsem dovedil o skupinách vírných, a jež jest obdobou principu Huygensova v nauce o vlnění. Dle něho lze akustické obrazce pod kmitajícími deskami pokládati za složené z jednoduchých základních (elementárních) skupin vírných, které mohou akustickodynamicky v sebe působiti.

(4.) Působí-li takové vírné skupiny v sebe po dvou, po třech, atd., vznika pole spojitě vždy, jsou-li stejnosměrné, a rozpojitě, jsou-li protisměrné — *zákony akustickodynamické*. Třetí útvar se nevyskytne.

Tyto dva případy byly experimentovány jednak resonančními trubkami⁶⁾, jednak přístrojem na přímou výrobu vírných prstenců, skládajícím se z bubínku, jež se rozkmitával podélně třenými tyčemi, a jehož ústí se dalo uzavíratí korkovými víky s různým počtem účelně seřazených otvorů⁷⁾.

(5.) Byly-li do víka bubínku vyvrtány dvě rovnoběžné řady pěti otvorů ($2r = 7 \text{ mm}$), 3 cm od sebe odlehle, a působila-li rozkmitávací tyč ($l = 89 \text{ cm}$), držena jsouc uprostřed, nad prostředkem jedné řady, tedy výstředně, obdržel se obr. 1.

Obrazec je rozpojitý. Základní kroužky jsou částečně zjevny, a sousední strany omezují pole homogenní. Na obou vnějších stranách jsou pole spojitá.

³⁾ Výroční zpráva c. k. gymnasia v Domažlicích. 1897, str. 7.

⁴⁾ H. Ebert, *Magnetische Kraftfelder*. 1897, str. 123.

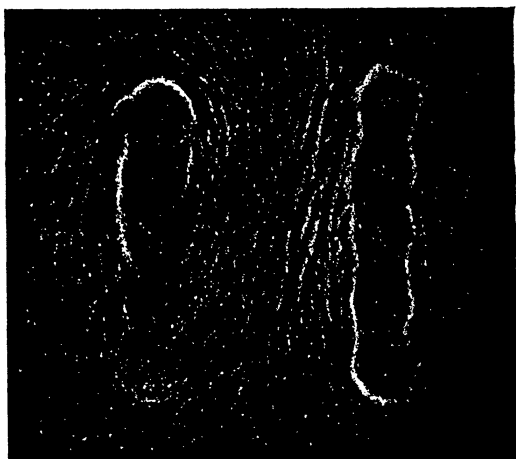
⁵⁾ Tento Časopis, roč. 42.

⁶⁾ Tento Časopis, roč. 40., str. 318.

⁷⁾ Tento Časopis, roč. 42., str. 441. a další strany.

Tento akustický obrazec jest velmi podoben silovému poli, jež lze obdržeti na průřezu elektromagnetického solenoidu⁸⁾; i vírné čáry zde z vnitřního pole vycházejí a spojují se vně s víry vcházejícími.

Takovýto akustický útvar, který se již jinde vyskytl⁹⁾, nazývám akustickým solenoidovým polem.



Obr. 1.

Podrobné dění v něm jest toto: Každým otvorem víka propouští se skupina vírných kroužků; dle pokusu dělí se blána bubínku na dvě rozkmitny s opačnými fasemi, čímž se pod každou řadou o sobě vytvoří pět skupin kroužků stejnosměrných, v obou řadách však navzájem protisměrných; ze stejnosměrnosti vyplyne v jednotlivé řadě pole spojité, v obou řadách pak, kde se pole stýkají, pole rozpojité.

Názorem k tomu dění může býti obr. 2.

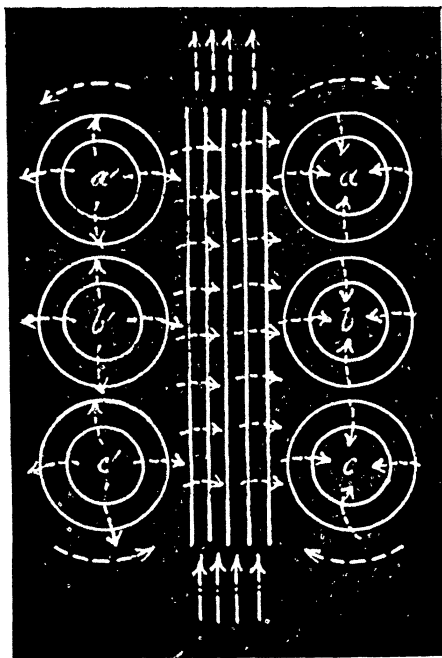
Buďtež a , b , c zástupci elementárních polí stejnosměrných s vířením částeček, sestupujících prostředkem vírů za rovinu ná-kresnou, a a' , b' , c' zástupci elementárních vírů, též mezi sebou

⁸⁾ H. Ebert, *Magnetische Kraftfelder*, str. 186.

⁹⁾ Tento Časopis, roč. 41., str. 182.

stejnsměrných, ale s vířením částech vystupujících prostředkem vírů před nákresnou rovinu.

Každá řada vírů o sobě vytvoří akustickodynamicky víry spojité, které, kladouce se uprostřed mezi obě řady vedle sebe, mají víření stejnsměrná.



Obr. 2.

(6.) Dle pokusů prof. Northrupa¹⁰⁾ mohou v sebe dva stejnsměrné kapalně prstence působiti tak, že se vzájemně přitahují, až se srazí a spojí v prsteneček jediný; širší.

Týž zjev možno ukázati na stejnsměrných prstencích z kouře hiranolovou krabici z tuhého papíru (třeba rozměrů $125 \times 105 \times 45 \text{ mm}^3$), jejíž jedna z nejmenších stěn má dva kruhové otvory ($2r = 16 \text{ mm}$) se středy asi 3 cm od sebe vzdá-

¹⁰⁾ Nature, Vol. 88, 1912, p. 463-468. E. F. Northrup, »A Photographic Study of Vortices Rings in Liquids«.

lenými. Pouhé smáčknutí protilehlých stěn postačí, a uniknou z otvorů dva prstence, které v malé vzdálenosti se spojí v jediný o dvojnásobném průměru.

(7.) Prof. Northrup uvádí tamtéž jiný důležitý poznatek o vírných prstencích: „Napne-li se tkanina (plátno) na rám, a nastaví-li se proti postupujícímu prstenci, shledá se, že jí prstenec snadno projde, a že není valně rušen ve svém pohybu.“

Napjatá tkanina tvoří druh mřížky. Mřížkou se tedy valně neporušuje prstencový vírný pohyb.

(8.) Pokus prof. Dra. V. Dvořáka ¹¹⁾: Před otvor ozvučnicku elektromagnetické ladice postaveno jest stínidlo s malým kruhovým otvorem. Zní-li ladice, proniká otvorem stínidla proud vzduchu. Dvořák o tom praví ¹²⁾: „Stroboskopické pozorování kouře, otvorem stínidla pronikajícího, poskytuje pozoruhodný výsledek, že proud vzduchu vděčí svůj vznik tvoření se vírných prstenců. *Po obou stranách otvoru jest totiž viděti řadu malých kroužků z kouře.*“

(9.) K podobnému poznatku jsem dospěl úvahou o účelnosti kmitací blány bubínku nad otvorem desky, jež tvoří víko ústí ¹³⁾. Blána kmitá s určitou energií, uvádí přilehlou vrstvu vzduchu do pohybu a zároveň občasně zmenšuje a zvětšuje bubínkovou dutinu. Výsledkem je, že proud prstenců řine se ven i dovnitř. Jasně jest, že se to děje v prvném případě zhuštěním, v druhém zředěním vzduchu v dutině. Otázkou se stává, nepostačí-li ona chvějná energie blány sama, aby blána, kmitajíc — bez bubínku — nad kruhovým otvorem desky, tedy prohánějíc a ssajíc vzduch otvorem opačnými směry, tvořila prstencové proudy?

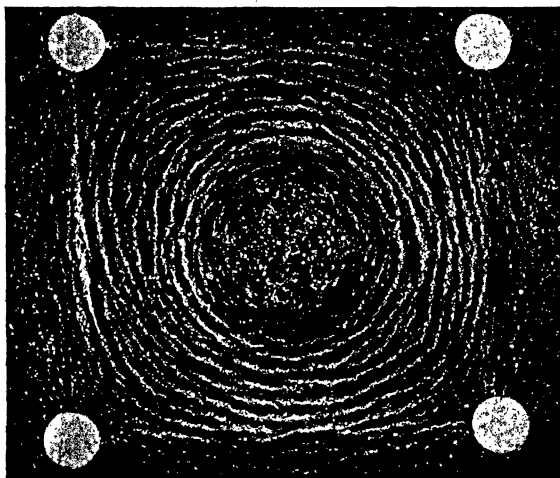
Rozhodne o tom následující jednoduchý pokus: Korková deska, rozměrů $54 \times 54 \times 7 \text{ mm}^3$, opatří se uprostřed otvorem ($2r = 24 \text{ mm}$); blanu může zastupovati deštička z tuhého papíru rozměrů $32 \times 32 \times 1 \text{ mm}^3$.

¹¹⁾ Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. 84. Bd., II. Abt., 1882, p. 702: Über einige akustische Bewegungserscheinungen, insbesondere über das Schallradiometer.

¹²⁾ Tamtéž, str. 714.

¹³⁾ Tento Časopis, roč. 42., str. 440.

Poprašme podložku jemnými korkovými pilinami, vsuňme pod rohy korkové desky, která bude vrstvu vzduchu za vrstvou propouštětí, čtyři opěry z korku ($2r = 7 \text{ mm}$, $v = 3 \text{ mm}$) a položíme papírovou deštičku nad otvor, podepřevše ji na rozích takovými opěrami, jako desku spodní ¹⁴⁾. Rozkmitáme-li pak svrchní deštičku skleněnou tyčí délky 89 cm , obdržíme na podložce skupinu soustředných kroužků s místem uprostřed nerozvířeným tak, jak toho prstencové víření vyžaduje (obr. 3.).



Obr. 3.

Podobný obrazec obdržíme, užijeme-li kmitací deštičky užší, nežli jest otvor; pokus se daří, i když se kmitací deštička položí na otvor desky propouštěcí, nebo i když se užije rozkmitávací tyče 1 m nebo 1.5 m dlouhé ¹⁵⁾.

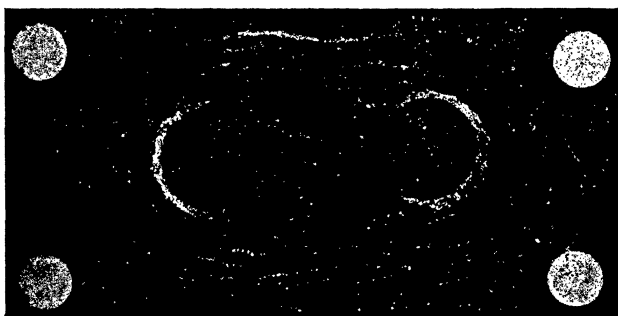
U mého pokusu kmitá tuhá pružná deštička před otvorem korkové desky podobně, jako u Dvořákova pokusu pružná vrstva vzduchu před otvorem stínidla.

¹⁴⁾ K pokusům tohoto článku bylo všude užito opěr stejných rozměrů.

¹⁵⁾ Rozkmitávací tyče (též trubice) jsou opatřeny korkovými patami; mimo to nutno někdy pod tuto patu klásti malou korkovou opěru, aby se chvění tyče jen málo tlumilo.

Z toho vyplývá poznatek: *Občasným pronikáním vzduchu kruhovým otvorem desky tvoří se proud vírných kroužků, a je-li kmitající hmota dostatečně od desky odlehlá, tvoří se dva opačné proudy prstenců po obou stranách desky.*

B. Rozšíření pokusu (9). — Jestliže jsou kroužky pod kruhovým otvorem desky působeny vírnými prstenci, když pružná deska nad otvorem kmitá, dají se zopakovati základní pokusy o skladu jednoduchých polí v pole spojitá nebo rozpojitá, podaří-li se obdržeti tímto novým způsobem skupiny polí stejno-
směrných nebo protisměrných.



Obr. 4.

Z dřívějších pokusů je zjevno, že bude k tomu třeba zřídit si desku propouštěcí s dvěma otvory vedle sebe a způsobiti nad nimi v prvním případě kmitání o společné fazi, v druhém případě pak o fázích opačných.

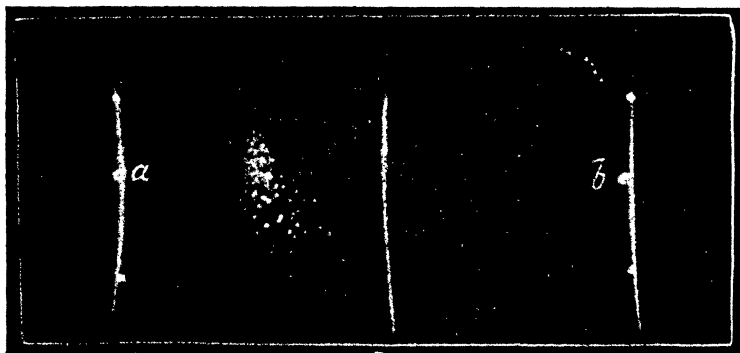
Dosáhl jsem toho následujícím způsobem:

Případ první: Do desky z korku, rozměrů $7 \times 3.5 \times 1 \text{ cm}^3$, vykrojil jsem dva otvory ($2r = 14 \text{ mm}$) tak, že jejich středy byly od sebe 28 mm vzdáleny. Desku jsem nad otvory prohloubil do délky 58 mm a do šířky 26 mm . Na tuto prohlubinu jsem přiložil desku z tuhého papíru, rozměrů $70 \times 34 \times 1.5 \text{ mm}^3$. Rozkmitávací tyč byla 150 cm dlouhá.

Popráší-li se podložka, podepře-li se deska propouštěcí na všech rozích opěrami, přiloží-li se na ni deska kmitací a nasadí-li se pata rozkmitávací tyče uprostřed, obdrží se pole spojitá (obr. 4.).

Deska kmitací tvořila pro obě kroužkové skupiny společnou rozkmitnu; fase kmitové byly stejné a oboje vírná pole byla tedy stejnosměrná. Spojování se prstenců po dvou v prstenech jeden připomíná Northrupův pokus (6).

Případ druhý: Vybral jsem k tomu skleněnou, obdélníkovou desku, rozměrů $92 \times 43 \times 1.5 \text{ mm}^3$, která, jsouc podopřena v bodech *a*, *b* (obr. 5.) nebo ve čtyřech jejích sousedních bodech korkovými kotoučky a rozkmitána tyčí ($l = 89 \text{ cm}$) v bodě na levo od *b* ležícím, dává Chladniho obrazec, skládající se ze tří příčných uzlových čar (obr. 5.), který prozrazuje



Obr. 5.

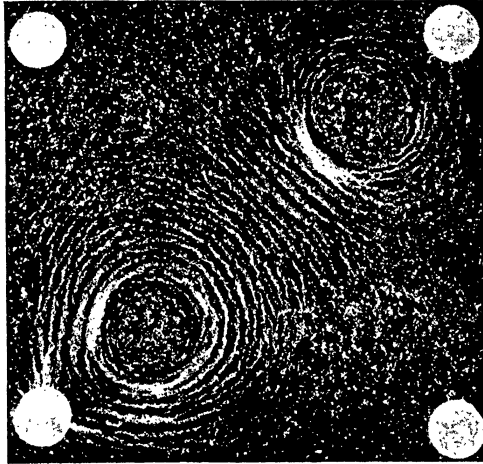
zároveň s obrazcem Savartovým, že uprostřed sousedily dvě rozkmitny, jejichž kmity se konaly ve fásích opačných.

Pokus sám vykonal se podobně, jako v předešlém případě. Za desku propouštěcí zvolil jsem čtvercovou desku z korku o straně 62 mm a tloušťce 1 cm . Otvory ($2r = 14 \text{ mm}$), vykrojené na úhlopříčce, měly středy 4 cm od sebe vzdálené. Kmitací deska byla umístěna svou délkou stejnohle s oběma otvory. Skupiny kroužků, které s otvorů dopadly na podložku, vytvořily složené pole rozpojité na důkaz, že základní vírná pole byla protisměrná (obr. 6.).

Mezi podložkou a korkovou deskou jest vzduchová vrstva asi 3 mm tlustá. Obrazec ukazuje, že v ní proti sobě postupovala dvoje víření podél společné úhlopříčny, a že tím celá vzduchová vrstva přece nebyla rozvířena.

Z obou případů jest jasno, že jsme nabyli nového přístroje na tvoření vírných polí. Skládá se celkem z tří částí: z *desky spodní neboli propouštěcí*, z *desky svrchní neboli kmitací* a z *tyče rozkmitávací*. Jsou to známé části z přístroje bubínkového: víko bubínku s otvory, kmitací blána a tyč rozkmitávací.

Zjevno, že by oba předešlé pokusy, konané přístrojem novým, zjednodušeným, daly se rozhojnití na pole mnohoosá postupem, jenž byl sledován v článku „O akustickodynamickém principu“, až by se dospělo k tvaru pole solenoidového, podobného obrazci 1., napřed uvedenému.



Obr. 6.

Těž jest zjevno, že tímto novým přístrojem jest dána možnost užití za kmitací desku každé znějící desky s kterýmkoli Chladniho obrazcem, s příslušnou tyčí rozkmitávací a s účelně upravenou deskou propouštěcí.

C. O obrazcích pod znějícími deskami vůbec. — Jak již byla jindy zmínka učiněna¹⁶⁾, vznikají solenoidová pole pod znějícími deskami, ať upevněnými nebo volně v některých bodech podepřenými, kde rozkmitávací tyč jest volná nebo k desce připevněná, a to pod uzlinou sousedních rozkmiten.

¹⁶⁾ V tomto Časopise, roč. 41., str. 191.

Na obrazce pod deskami jsem byl uveden, když jsem pátral po tvaru akustických polí znějícího zvonu, sklenice a spoluznějících trubic. U zvonu a u sklenice prozkoumal jsem pole vnější i vnitřní, a to vnější nejen mimo svislou stěnu, nýbrž i pod stěnou, jež zaujala polohu vodorovnou¹⁷⁾. Krok ke znějícím deskám byl toho jen důsledkem.

Tímto krokem setkal jsem se s pokusy Kundtovými o obrazcích pod znějícími deskami, k nimž Kundt došel studiem pružných blan a tenkých vzduchových vrstev.

Dle mého posavadního postupu je dlužno pokládati obrazce pod znějícími deskami za složitá akustická pole a dle toho je vyšetřovati, po případě je na jednoduché útvary akust. polí rozkládati a z těchto jiné nové i původní obrazce skládati dle stejnosměrnosti a protisměrnosti elementárných vírných skupin¹⁸⁾.

Nežli k tomu přikročím, dotknu se Kundtovy theorie a jeho pokusů o *samostatném* chvění desk vzduchových, krytých i otevřených, jež jsou podány v Poggendorffových Annalech z r. 1873¹⁹⁾ a doprovozeny četnými, pěknými obrazci na vložených tabulkách.

Vrstvy vzduchové obsaženy byly mezi skleněnými deskami, z nichž svrchní byla 6 mm tlustá a měla vybroušený kruhový otvor, jímž se do dutiny převádělo podélné kmitání odměřených skleněných trubic. Svrchní deska tedy spoluzníti nemohla. Dutinu bylo možno uzavřítí rámem aneb ponechatí otevřenou, užijíc opěr na rozích. Podrobný popis jest podán tamtéž v § 12.

Kundt pojal úkaz obrazců ve vzduchových vrstvách jako *vlnění podélné* a odvodil theorii na základě předpokladu: „V nesmírně tenké vzduchové desce pohybujtež se částice pouze v rovině desky a ne k ní kolmo.“

O souhlase pokusů s teorií praví Kundt²⁰⁾: „Jest patrnó, že, co do útvarů chvění, theorie a pokusy dobře se shodují i pro otevřené vzduchové desky.“

17) Tento Časopis, roč. 41., str. 188–189.

18) Tento Časopis, roč. 42., str. 567.

19) J. C. Poggendorff, *Annalen der Physik und Chemie*. Bd. CL, p. 177 a dokontení p. 337.

20) Tamtéž, str. 351.

Kundt konal též pokusy o obrazcích pod *znějícími deskami* a došel k poznání, že „chvění vrstvy vzduchové pod *znějícími deskami není samostatným chvěním* té vrstvy. Kmitočet pro určitý obrazec, jenž byl vzbuzen *znějící deskou*, není docela závislý od rozměrů desky vzduchové a tvaru obrazce, nýbrž od kmitočtu *znějící desky*. Mění se tedy ku př. při stejném obrazci s tloušťkou *znějící desky*“.²¹⁾

Pokus, vystihnouti dění pod *znějícími deskami* vlněním vrstvy vzduchu, nevedl k uspokojivým výsledkům; vizme tedy, pokud lze v něm pozorovati vzájemné akustickodynamické působení vírných prstenců.

(Dokončení.)

Věstník literární.

Hlídka programů českých škol středních
ve školním roce 1913—14.

- Bučovice**, zem. vyš. reálka a zem. VIII-třídní reál. gymnasium. *Bursa Josef*: O radiu a jeho užití v c. k. léčebném ústavu pro léčení radiem v Jáchymově. 14 str.
- Jičín**, c. k. vyš. reálka. *Matas Bohumil*: Směr a poloha asymptot algebraických křivek. 11 str.
- Karlín**, c. k. čes. vyš. reálka. *Tluchoř Václav*: Sestrojení tečen bodem ke kuželosečce a průsečíků přímky s kuželosečkou. 8 str.
- Kolín**, c. k. vyš. reál. gymnasium. *Pelnář Jiří*: Rok chemického praktika na reálném gymnasiu typu A. 7 str.
- Kostelec n. Orli.**, c. k. vyš. reálka. *Blumauer Richard*: Astrognosie neboli popis hvězdnaté oblohy. VI + 25 str.
- Kroměříž**, c. k. čes. vyš. gymnasium. *Zahradníček Josef*, dr.: Pomůcka pro vyučování goniometrie. 6 str.
- Litovel**, zem. vyš. reálka a zem. reál. gymnasium. 1. *Sukdol Václav*, dr.: Některé pozoruhodnější theorie vidění barev. I. 14 str. — 2. *Nerad František*, dr.: Vzpomínka na † suplujícího učitele Jana Galáska. 2 str.
- Moravská Ostrava**, c. k. čes. vyš. gymnasium. *Bílek Jaroslav*, dr.: Výňatky z filosofických názorů Newtonových. Dokončení. 11 str.
- Německý Brod**, c. k. vyš. gymnasium. *Šmejkal Edvard*: Zpráva meteorologické stanice za rok 1913. 2 str.

²¹⁾ Tamtéž, str. 351. .