

Josef A. Theurer

O elektrických influenčních s deskami otáčivými

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 31 (1902), No. 1, 73--82

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122578>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1902

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>

v české literatuře \*) nový příspěvek, dosti zajímavý a zastrčený. Zbývá na konec otázka: Nevznikl nahoře uvedený překlad Alfonsinských tabulí od Ganse pro Tychona Brahe při některé takovéto návštěvě Gansově v Benátkách?

V Bechyni, dne 9. srpna 1901.

## O elektrikách influenčních s deskami otáčivými.

Podává

**dr. Jos. A. Theurer,**

m. professor c. k. báňské akademie v Příbrami.

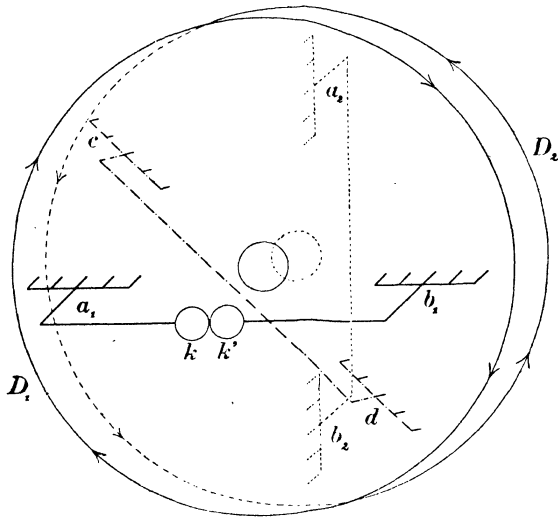
Influenční stroje Holtzovy i Töpler-Voss-ovy, jež pro výbornou svou účinnost došly všeobecného užití, ustupují v novější době strojům soustavy jiné, známým pod názvem strojů Wimshurstových. Hlavní výhodou strojů těchto proti oněm jest, že závislost fungování jejich na vlhkosti vzduchové jest značně menší, jakož i že změna polarity mezi prací jest vyloučena. Theorie elektriky Wimshurstovy není podána obšírněji v žádné knize příruční (pokud mi známo,\*\*\*) zajisté pak ne v takové, která by obecně a snadno byla přístupna. Proto nebude snad zbytečno, objasniti stručně způsob, jakým elektrika ta funguje.

O podstatě elektrik influenčních napsal v Časopise ročník XV. pan prof. Dr. K. Domalíp velmi instruktivní článek, v němž, vycházející od principu duplikace vůbec, vykládá stručně a přehledně elektriku Varley-ovu, starší soustavu Töplerovu, elektriku Holtzovu a novější její modifikaci, jakou jí dali Töpler a Voss. Chtěje podobně zmíniti se o elektrice Wimshurstové po stránce vývojové, chci předeslati stručně zmínku o elektrice Holtzově soustavy druhé, z níž elektrika Wimshurstova se vyvinula.

\*) Viz náš článek: „Tycho Brahe v české literatuře“, v loňském ročníku tohoto časopisu.

\*\*) Dodatečně nacházím ji v Daniěls-ově „Elektrizität und Magnetismus“, Freiburg, Univ. Buchhandlung B. Veit. 1899.

Holtzovou elektrickou rozumívá se obyčejně známá elektrika influenční, jejíž pohyblivá deska otáčí se před deskou nehybnou, opatřenou výřezy a polepy papřovými. Vedle elektriky této sestrojil však Holtz elektriku jinou, o málo jen později než onu, jež přes velikou svou theoretickou zajímavost nerozšířila se ani přibližně tak, jako ona. Podstatou této novější elektriky Holtzovy jsou dvě skleněné, kruhové desky stejných velikostí, jež umístěny jsou velmi blízko sebe, a jež lze roztočiti okolo téže vodorovné osy směry protivrannými. Před přední deskou  $D_1$  (obr. 1.) umístěny jsou při průměru vodorovném dva hrotové



Obr. 1.

hřebeny  $a_1$  a  $b_1$ , za zadní deskou  $D_2$  podobné při průměru, svislém dva hřebeny  $a_2$  a  $b_2$ . Všecky čtyři hřebeny jsou izolovány, aby bylo lze libovolně je spojovati; spojení hřebenu  $a_2$  a  $b_2$ , na obr. 1. naznačené, jakož i příčný svodič hřebenový  $cd$  si zatím odmysleme. Hřebeny  $a_1$  a  $b_1$  opatřeny jsou vodivými elektrodami, zakončenými kuličkami  $k$  a  $k'$ , jež možno libovolně vzdalovati. Dejme tomu, že kuličky  $k$  a  $k'$  jsou v doteku, že spojili jsme hřeben  $a_1$  s  $a_2$ ,  $b_1$  s  $b_2$  a že otáčíme de-

skami směry, na obr. 1. vyznačenými, držice třenou desku ebonitovou za deskou přední ( $D_1$ ) proti hřebenu  $a_1$ .

Deska ebonitová, jsouc záporně elektrická, rozkládá v hřebeni  $a_1$  indukci elektřinu; kladná hromadí se v hrotech, i přechází konvekci na pohyblivou desku  $D_1$ , záporná odpudí se do hrotů  $b_1$ , a přechází obdobně na desku  $D_1$ , tak že svrchní polovice desky  $D_1$  objeví se při otáčení elektrickou kladně, spodní polovice její pak záporně. Kladný náboj desky  $D_1$  indukuje v hřebeni  $a_2$  rovněž náboje; záporná elektřina (přitažena) hromadí se na hrotech a přechází jimi na desku  $D_2$ , s níž pohybuje se zpět, ke hřebenu  $a_1$ ; kladná elektřina (odpuzená) přejde spojovacím drátem do hřebenu  $a_1$ , i zesiluje kladný náboj jeho hrotů. Jakmile záporný náboj desky  $D_2$  dospěje až za hřeben  $a_1$ , netřeba již držeti tam ebonitovou destičku, neboť od chvíle této zastoupí již náboj ten funkci oné destičky, elektrika pracuje dále už samočinně. — Zcela obdobně, jak právě popsáno, indukuje se v hrotech hřebenu  $b_2$  kladný náboj působením záporné elektrisace spodní poloviny desky  $D_1$ , jenž přechází na desku  $D_2$  a jí jest unášen vzhůru, ke hřebeni  $b_1$ ; záporný náboj indukovaný v hrotech  $b_2$ , zesiluje, přecházejce drátem spojovacím na hřeben  $b_1$ , záporný náboj, tamže se nalézající.

Sesílený kladný náboj v hrotech hřebenu  $a_1$  pochází tudíž a) od indukce, způsobené záporně elektrovanou polovinou desky  $D_2$ , a b) od elektřiny odpuzené, jež přichází drátem spojovacím přímo od hřebene  $a_2$ . — Kladného náboje toho užije se: a) ku neutralisaci záporné elektřiny, přiváděné ke hrotům  $a_1$  spodní polovinou desky  $D_1$ , a b) k indukci nového, silnějšího náboje na svrchní polovině téže desky. — Co řečeno zde o hřebeni  $a_1$ , platí (se změnou znaménka) ovšem též pro hřeben  $b_1$ , pro symetrii celého uspořádání pak ovšem také pro oba hřebeny  $a_2$  a  $b_2$ .

Vzdalujeme-li kuličku  $k$  od  $k'$ , znesnadňujeme tím přechod elektřin odpuzených s  $a_1$  na  $b_1$  a naopak, tak že elektřiny ty spíše budou spojovacím drátem přecházeti na  $a_2$  a  $b_2$ ; tudíž nepřestane stroj pracovati, ani kdybychom kuličky  $k$  a  $k'$  vzdálili tak, že mezi nimi nemohou již jiskry přeskakovati.

Zcela obdobně pracuje též elektrika, spojíme-li hřeben  $a_2$  s  $b_2$  vodivě, přerušivše spojení  $a_1a_2$  a  $b_1b_2$ , t. j. uspořádáme-li

hřebeny tak, jak ukazuje obr. 1. (při čemž příčný svodič  $cd$  si odmyslíme). Podržíme-li nyní opět za deskou  $D_1$  proti hřebeni  $a_1$  třenou desku ebonitovou, indukuje její záporný náboj (jako dřívě) v hrotech elektrinu kladnou, jež přechází konvekci na desku  $D_1$ , kdežto elektrina záporná (za doteku kuliček  $k$  a  $k'$ ) přechází hroty  $b_1$  na spodní polovici téže desky. Kladný náboj svrchní poloviny desky  $D_1$  indukuje v hřebeni  $a_2$  náboj záporný, jenž hroty přechází (jako dřívě) na desku  $D_2$ , jež nese jej zpět před hřeben  $a_1$ ; odpuzená kladná elektrina uniká nyní ovšem do hrotu  $b_2$ , kdež nejen annulluje zbytek záporné elektrisace desky  $D_2$ , zleva přicházející, nýbrž také zesiluje kladný náboj pravé poloviny téže desky. Totéž (se změnou znamének) lze opakovati pro druhou polovinu celého přístroje (t. j. pro hřebeny  $b_1$ ,  $b_2$  a  $a_2$ ).

Pracující stroj má v obou případech, jak z uvedeného vyplývá, elektrisaci tuto: a) Přední deska  $D_1$  jest na své horní polovině kladně, na spodní záporně elektrická. b) Zadní deska  $D_2$  jest na své levé polovině elektrována záporně, na pravé kladně. Jinak řečeno: čtverníky obou desk, pravé nahoře a levé dole, jsou elektrovány souhlasně, ony kladně, tyto záporně, kdežto čtverníky pravý dole a levý nahoře nesou na obou deskách náboje opačné. Proto, umístíme-li nyní před desku  $D_1$  příčný vodič  $cd$ , nesoucí na obou koncích hroty, nenastane na funkci stroje změna žádná, neboť v hrotech jeho indukují sice náboje jak deska přední, tak i zadní, protože však na místech, kde hřebeny  $c$  a  $d$  se nalézají, jsou obě desky elektrovány nesouhlasně, ruší se jich účinek na hroty  $c$  a  $d$ , tak že jest lhostejno, jsou-li hřebeny  $c$  a  $d$  při stroji, čili nic; nanejvýše snad se funkce stroje poněkud oslabí vzhledem k tomu, že deska  $D_1$  je k hřebenům těm o něco blíže než deska  $D_2$ .

Tato zdánlivá bezvýznamnost svodiče  $cd$  pomine okamžitě, přihlédneme-li, co nastane, jakmile kuličky  $k$  a  $k'$  vzdálíme. Kdyby svodiče  $cd$  nebylo, stížil by se indukované elektrině přechod s  $a_1$  na  $b_1$  a naopak, při oddálení obou kuliček přes doskok přestala by pak funkce stroje úplně. Nepatrnou anomálií může při tom náboj hrotu  $a_1$  neb  $b_1$  změnit znaménko (zvláště, jsou-li k elektrodám připojeny Leydenské láhve), tak že

polarita celého stroje snadno se obrátí; přestane-li stroj vůbec fungovati, třeba ebonitovou destičkou znova jej vzbuditi. Vadám tímto odpomáhá příčný svodič  $cd$ . Jakmile totiž kuličky  $k$  a  $k'$  se vzdálí, tak že hřebeny  $a_1$  a  $b_1$  přestávají indukci na desku působiti (protože odpuzené elektřiny nemohou unikati), převeze hřeben  $c$  funkci hřebene  $a_1$ , hřeben  $d$  zastoupí hřeben  $b_1$ , a stroj funguje zcela tak jako dříve; hřebeny  $a_1$  a  $b_1$  stanou se pak jednoduchými hřebeny „ssacími“. Protože stroj funguje nepřerušeně a neseslabeně, jest také změna polarity nespodnější, tak že užitím příčného svodiče  $cd$  dosáhneme stálější polarity celého stroje.

Holtz sestrojil elektriku zde uvedenou ve tvaru řečeném r. 1869; návrhy na zlepšení její účinnosti podali r. 1871 Musaeus a Schwedoff, teorií její se zabývali (vedle Holtze) Riess, hlavně pak Poggendorff (1873). Hlavní snahou Holtzovou bylo, zdokonaliti stroj po stránce technické, při tom však více péče věnoval svému stroji staršímu, než novějšímu, jehož účinnost zůstávala vždy za strojem starším. Podstatnou okolností u obou elektrik Holtzových jest, že užíval otáčivých desk skleněných, nenesoucích žádné polepy kovové. Influenční elektriku, jejíž pohyblivá deska byla opatřena polepy a při níž tyto polepy hrály úlohu nejdůležitější, sestrojil r. 1865 Töpler (viz Časop. math. a fys. XV. str. 162), podstatou stroje toho byla duplikace původně velmi slabého náboje. Záhy seznal Töpler, že stroj jeho počne pracovati někdy i bez prvopočátečního náboje, že rozejde se úplně samočinně. Příčina toho vězí v tom, že duplikací sesilují se i náboje nejslabší, jaké na různých částech stroje nahodile se nalézati mohou z příčin nejrůznějších (nahodilé tření, rozdíly temperatur, residua a p.). Touto výhodou samočinného vzbuzení zlepšil Töpler r. 1880 elektriku Holtzovu, opatřiv její otáčivou desku několika kovovými knoflíky, jež fungovaly jako pohyblivé součástky duplikátoru; vedle hrotů obsahovaly ovšem, aby duplikace mohla nastati, hřebeny ještě vhodně umístěné kovové jemné štětičky, jež ve vhodnou chvíli knoflíků se dotýkaly, indukujíce neb odvádějíce v nich v čas elektrické náboje (viz tamže str. 166—169).

Podobný krok, jaký tím učinil Töpler vůči elektrice Holtzové soustavy starší, navrhl Borchhardt Holtzovi pro jeho

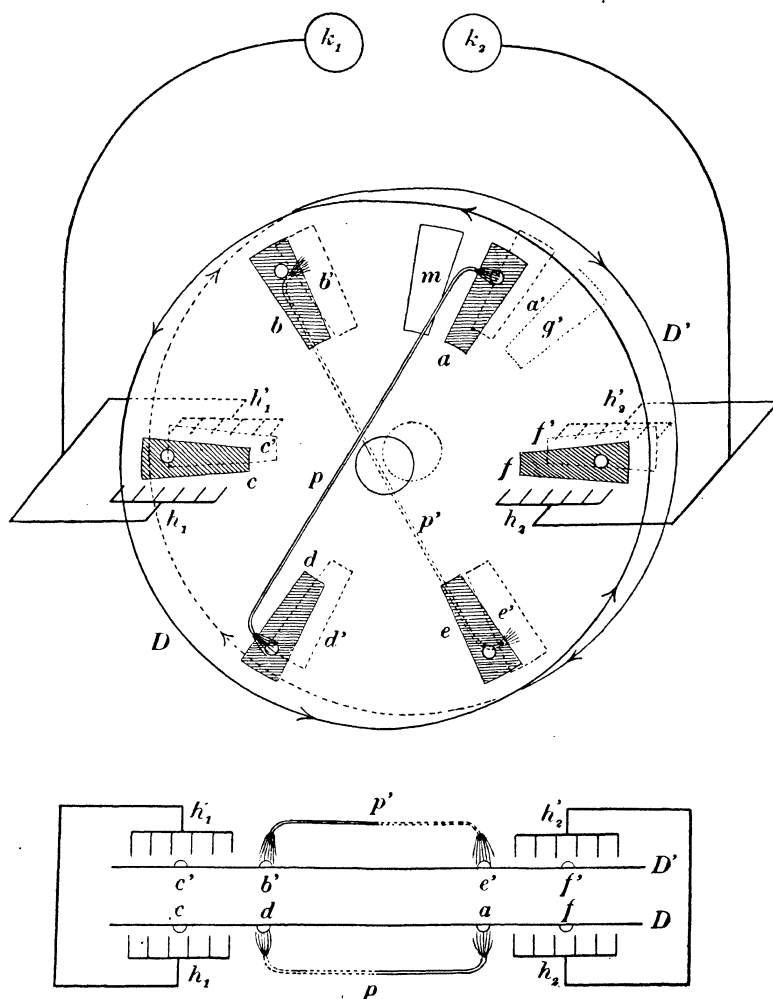
soustavu novější r. 1881. Jednak tím, že tehdy Töplerovy elektriky neobyčejně rychle se rozšířily, tak že Borchhardt, jsa zaplaven objednávkami strojů těch neměl ani času, aby návrh svůj na stroji tehdy méně dokonalém vyzkoušel, jednak že Holtz sám sice možnost tu uznával již r. 1875, však výslovně byl proti tomu, aby se otáčivé desky opatřovaly kovovými polepy, sešlo tehdy s provedení myšlenky té. Holtz měl přesvědčení, že elektriky jeho (nesamočinné, bez kovových polepů) jsou lepší, že rychlý rozvoj strojů Töplerových je jen „maní“ pomíjející, a že budoucnost náleží strojům jeho.

Roku 1875 připomíná Holtz sám, jakoby mimochodem, že bylo by možno jeho stroje učiniti samočinnými, kdyby se opatřily radiálními polepy staniolovými. Myšlenku tuto realizoval skutečně roku 1883 Wimshurst; nepadno ovšem rozhodnouti, znal-li Wimshurst onu poznámku Holtzovu, či učinil-li objev svůj samostatně, neboť původní práce Wimshurstova (Engineering r. 1883) není mi přístupna, Holtz pak chrání svou prioritu v Centralblatt für Elektrotechnik (1883) a později ve Wied. Ann. r. 1895. Buď tomu jak buď, elektriku ve tvaru, o němž nyní se zmíníme, zhotovil poprvé Wimshurst, pročť ne-li již snad právem autora, tož alespoň právem prvního zhotovitele nazýváme ji jeho jménem.

Je ostatně zajímavé, že při elektrice Wimshurstové přisouzena jest vodivým polepům na otáčivých deskách úloha daleko důležitější než při elektrice Töplerové neb zmíněných návrzích Holtz-Borchhardtových. Kdežto při všech těchto sloužily kovové polepy jen k samočinnému buzení, vlastním udržovatelem celého chodu stroje byl však izolující materiál desky, jest tomu u Wimshurstovy elektriky jinak; zde nejen první buzení, nýbrž celá funkce stroje se přenesla na vodivé polepy; hmoté desky samé připadá jen úloha izolátoru, ač jest možno i tohoto využití, jak vysvitne z následujícího. Že polepům připadá úloha hlavní, jest patrné již z toho, že polepů jest mnoho, kolik jen deska a izolace dovoluje, kdežto na př. při elektrice Töplerové jich bývá pouze šest.

*Elektrika Wimshurstova* má, jako novější Holtzova, dvě kruhové desky izolující (obyčejně skleněné neb ebonitové), sousedé, jež lze společnou klikou roztočiti směry protivnými.

Obě desky  $D$  a  $D'$  jsou velmi blízko sebe umístěny, na stěnách vnitřních, jimiž jsou k sobě obráceny, nenesou polepu žádného, na stěně vnější opatřena jest však každá z nich četnými sta-



Obr. 2.

niolovými polepy úzkými, blíže okraje radiálně nalepenými. Na obr. 2., jehož svrchní část podává schematický pohled na elek-



triku Wimshurstovu, vyznačeno pro jednoduchost polepů pouze šest ( $a, b, c, \dots, f$  na přední,  $a', b', \dots, f'$  na zadní desce), dlužno si však mysliti polepů těch značně více. Polepy na desce přední kresleny jsou plně, a jsou vyčárkovány; polepy desky zadní jsou tečkovány. Na každém polepu nachází se vystupující výběžek, rovněž staniolem potažený, podobný knoflíkům na elektrice Töplerově. Na obr. 2. jsou pro přední desku knoflíky ty označeny bílým kroužkem, na zadní desce značeny vůbec nejsou. Před deskou  $D$  a za deskou  $D'$  umístěny jsou při vodorovném průměru obou desk dvě dvojice kovových hřebenů  $h_1$  a  $h'_1$  resp.  $h_2$  a  $h'_2$ , jež jsou spolu silným drátem vodivě spojeny.\*) Na místě hrotů mají mnohé stroje pouze kovové štětičky, jež při rotaci desk se dotýkají polepových knoflíků. Před každou deskou umístěn jest nadto v poloze šikmé, s průměrem vodorovným úhel as  $60^\circ$  svírající příčný svodič tak, jak na obr. 2. udáno; oba svodiče ty,  $p$  a  $p'$ , nesou na obou svých koncích kovové štětičky, jimiž dotýkají se polepových knoflíků. Spodní část obr. 2. ukazuje pohled shora.

Dejme tomu, že na příklad polep  $a'$  zadní desky  $D'$  má náhodile jakýsi slabý počáteční elektrický náboj ( $-e$ ), a že desky roztočíme směry, z obrazu 2. patrnými. V okamžiku, kdy polep  $a$  nalézá se právě před  $a'$ , a kdy štětička příčného vodiče  $p$  se dotýká knoflíku polepů  $a$  a  $d$ , indukuje se v  $a$  náboj nesouhlasný, o něco menší, než byl náboj  $e$ , tudíž  $+ke$ , značí-li  $k$  pravý zlomek, od jedničky nemnoho rozdílný. Odpuzená elektrina volná ( $-ke$ ) přejde příčným vodičem  $p$  na polep  $d$ . Když se obě desky pootočily o  $60^\circ$ , ocitne se polep  $a'$  před hřebenem  $h'_2$ , jehož hroty nebo štětička převedou náboj do kuličky  $k_2$ , čímž polep deelektrují. Polep  $a$ , nesoucí náboj  $+ke$ , ocitne se v poloze  $b$ , i indukuje v protilehlém polepu  $b'$  nestejnomyšlný náboj  $-k^2e$ , kdežto stejnojmenný náboj  $+k^2e$  sdělí se příčným vodičem  $p'$  polepu  $e'$ . Současně však dostal se polep  $d$  do polohy  $e$ , tak že, má náboj  $-ke$ , indukuje v  $e'$  náboj  $+k^2e$ , kdežto stejnojmenný náboj  $-k^2e$  přechází vodičem  $p'$  na polep  $b'$ . Má tudíž nyní polep  $b'$  náboj  $-2k^2e$ , polep  $e'$  pak  $+2k^2e$ . Přejde-li po dalším

---

\*) Takovouto dvojici hřebenů navrhl pro Holtzovu novější elektriku Musaeus, a přijal ji Holtz v modifikaci r. 1881.

otočení o  $60^\circ$  polep  $b'$  do polohy  $a'$ , obsahuje tudíž proti prvotnímu stavu náboj  $2k^2$ -krátě větší. Má-li tudíž býti náboj proti prvotnímu stavu sesílen, musí býti  $2k^2 > 1$ , t. j.  $k > 0.707$ . Postup indukci se nyní opakuje; při každém otočení o  $120^\circ$  zmnoží se náboj  $2k^2$ -krátě. Jako u každé elektriky, jest i zde omezen vzrůst náboje nezbytnými ztrátami, jakož i tím, že potenciály kuliček  $k_1$  resp.  $k_2$  vyrovnávají se potenciálům polepů v polohách  $c$  a  $c'$  resp.  $f$  a  $f'$ . Zvýšíme-li kapacity svodičů, s kuličkami  $k_1$  a  $k_2$  spojených, připojenými lahvemi Leydenskými, lze ovšem hromaditi elektřiny značně více, což jeví se jiskrami značně sytějšími. Kdyby byly příčné svodiče přesně o  $60^\circ$  odchýleny, zúčastnilo by se multiplikace prvotního náboje zdánlivě pouze šest polepů přední a šest zadní desky ( $a \dots f$  a  $a' \dots f'$ ) z nichž pokaždé 2 dvojice jsou v poloze vodorovné odevzdávající sběrači střídavě (pokaždé jednou polep přední, potom zadní) náboj, 2 dvojice, odpovídající střídavě poloze příčných vodičů  $p$  a  $p'$ , jsou elektrické, 2 zbývající dvojice pokaždé neelektrické.

Nemohou však ani v případě řečeném ostatní polepy (na obr. 2. nekreslené) zůstatí bez nábojů; dostal-li se polep  $a'$ , multiplikací silně již záporně zelektrovaný, do polohy  $g'$ , dostal se na jeho dřívější místo neelektrický polep následující; současně postoupil kladně elektrický polep  $a$  do polohy  $m$ , kdežto na jeho místo nastoupil neelektrický polep následující. Tento, nalézaje se nyní v doteku s příčným vodičem  $p$ , stane se elektrickým (ovšem slabě) indukci od silně elektrovaného náboje  $g'$ ; jeho původně slabý náboj zmnoží se pak, jako již dříve popsáno, čímž v činnost se uvede dalších 6 polepů, atd. Jsou-li konečně vzbuzeny polepy všechny, jeví se celá část desky přední mezi  $a$  a  $c$  kladně elektrickou, mezi  $d$  a  $f$  záporně elektrickou; části mezi  $f$  a  $a$  jakož i mezi  $c$  a  $d$  jsou neelektrickými. Na desce zadní jest elektřina kladná na části mezi  $e'$  a  $c'$ , záporná mezi  $b'$  a  $f'$ ; části mezi  $b'$  a  $c'$  a mezi  $e'$  a  $f'$  jsou neelektrické. Protože postup zde popsáný zakládá se na multiplikaci, jest patrné, že při práci nemůže tak snadno změna polarit nastati.

Také vlhkost nemá na elektriku Wimshurstovu vlivu tak značného, jako na elektriky ostatní, neboť funkce její nemůže přestati, dokud indukované elektřiny odpuzené neunikají, na

místě kovovými příčnými svodiči  $p$  a  $p'$ , po izolující desce samotné, což ovšem nastane teprve při velmi značné vlhkosti vzduchové. Z vlastní zkušenosti podotýkám, že mi elektrika Wimshurstova s deskami skleněnými, pokostem natřenými (62 cm v průměru majícími) selhala pouze jednou, a to v létě ku konci více než 2-hodinné přednášky, jíž přítomno bylo as 80 osob, dostavivších se do síně se svrchními oděvy i deštníky za prudkého lijáku; současně však už ani leydenské láhve, aniž jakékoli jiné elektrické přístroje nefungovaly. Protože ebonit jest méně hygroskopický než sklo, hotoví se často desky z ebonitu; mají však tu značnou nevýhodu, že se teplem bortí, čímž stroj stává se nepotřebným a vyžaduje častějšího rozebrání a narovnání desk.

Při elektrice Wimshurstově, jak zde popsána, fungují jediné polepy jakožto části aktivní; kdybychom si přáli, aby také izolátor (po příkladě elektriky Holtzovy) stal se spolupříčným, bylo by třeba, vedle štětiček umístiti na příčné vodiče také hroty, jak jest tomu při elektrice Töplerově.

## Kterak lze určit součet arithmetické řady vyššího stupně řešením rovnic stupně prvního.

Žákům středních škol napsal

dr. Vladimír Janků,

c. k. professor v Olomouci.

Z arithmetické posloupnosti  $m$ -ho stupně obdržíme posloupnost  $m - 1$ ho stupně, vytvoříme-li rozdíly dvou po sobě následujících členů. Tato řada podobným způsobem dá se snížit na řadu  $m - 2$ ho stupně, tato pak opět na řadu o stupeň nižší až konečně obdržíme řadu stupně prvního, při níž rozdíl dvou po sobě následujících členů jest veličinou stálou.

Máme-li vytvořit součet řady arithmetické stupně prvního, tu nutno znáti prvý člen, rozdíl a počet členů dle známého vzorce

$$s_n = \frac{n}{2} (a_1 + a_n) = \frac{n}{2} (2a_1 + n - 1d).$$