

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

František Kolářek
O elektrometrech

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 11 (1882), No. 4, 251--265

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121927>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1882

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 elektrometrech.

Sepsal

Dr. Fr. Kolářek v Brně.

Elektrometry dělí se dle *Thomsonovy* nomenklatury na dvě hlavní třídy: heterostatické a idiostatické. U prvních uskutečňují se změny v poloze pohyblivých konduktorů, na př. pozlátka v *Bohnenbergrově* elektroskopu, přispěním z počátku již dané elektřiny (na pólech sloupce *Zambonského*).

Přístroje této třídy jsou daleko citlivější (ba jich citlivost jest v jistém smyslu bez mezí) nežli přístroje idiostatické, v nichž elektřina měření podrobená, sama způsobovati musí proměny nadzmněné.

Do této třídy patří na př. elektroskop pozlátkový, elektrometr *Coulombův*, *Dellmann-Kohlrauschův*, *Thomsonův* absolutní elektrometr ve formě původní.

1. Co se označuje, či měří rozstoupením lístků pozlátkových u elektroskopu obecného?

Vodivé části jeho se uvedou buď dotknutím na stejný potenciál se zdrojem elektřiny, zkoušce podrobeným, neb zvýší se influencí na jistý potenciál. Spojíme-li jej se zemí, nebo lépe s vodivou plochou jej obklopující (stěnami světnice), ne-diverguje, z čehož patrně, že se ním měří, oč vlastní jeho potenciál jest vyšší než potenciál země, neb stěn světnice.*)

*) Elektroskop udává vždy jen diferencí potenciálů mezi obklopující jej plochou vodivou (stěnami světnice) a lístky. Kdyby mimo plochu tu jakéhokoliv druhu elektřiny byly (na př. elektřina v atmosféře), indukuje se na zevní ploše i vnitřní ploše elektřina. Účinek posledního druhu v tom spočívá, že se zvýší potenciál u vnitř vsude o *totéž* t. j. o potenciál, na němž obal jest, což na diferencii vlivu nemá. Účinek indukující však elektřiny a indukované na povrchu zevnější, nulle se rovná.

Na každý způsob divergují lístky působením křivek sil, jež z nich do nekonečna se rozptylují. Jich působíště jest hlavně na plochách pozlátek od sebe odvrácených, neboť lístky, jsouce na potenciálu stejném, nimi se spojití nedají. Křivky ty, odtud k obalu skleněnému postupující, způsobí v něm mnohdy zelektrování, jež se kontrolovati nedá. Indikace takového i jiných strojů budou tedy dotud nesprávné, dokud se sklo nenahradí látkou dobře vodivou, sítí, kovem atd.

Dáme-li na př. pod lístky kovovou se zemí spojenou desku, směřuje největší část křivek k zemi, čímž se lístky jen napínají. Dáme-li dvě kovové desky po bok lístkům, mají křivky směr horizontální, čímž se nejen lístky více rozstupují, nýbrž i křivky se odvrací od skla, v němž nemohou závadné zelektrování působovati.

Každý, kdož činí pokusy s elektroskopem, pozoroval, že jej nelze na př. úplně nikdy vybití, byl-li jen poněkud silně nabit. Jest to druh residua, jako v láhvích Leydenských, čímž v podstatě každý elektroskop vlastně jest, a má v stejných příčinách také původ svůj.

Proto se má elektrometr obklopiti vodivou plochou, v níž jsou pouze otvory ponechány, aby bylo viděti do vnitř. Arcit musí obal od lístku býti dobře izolován.

Theorie obecného elektroskopu jest poměrně jednoduchá. Nazveme-li diferenci mezi potenciálem lístků (i spojených s nimi vodičů) a mezi obalem, jehož potenciál za nullu vezmeme P , jest množství elektriny E dáno rovnicí $E = C \cdot P$. Číslo C závisí na okolnostech pouze geometrických, zejména na odchylce obou lístků (2φ). Elektrostatická energie jest tedy $\frac{C \cdot P^2}{2}$.

Vyzdvižením těžiště obou lístků, jichž váha „ g “, na výši $a(1 - \cos \varphi)$ se vykoná mechanická práce v obnosu $2ag(1 - \cos \varphi)$. Při tom znamená a vzdálenost těžiště lístku jednoho od místa, kde se oba stýkají. Celá energie systému jest tedy

$$C \cdot \frac{P^2}{2} + 2ag(1 - \cos \varphi).$$

Jelikož jest rovnováha, musí variace energie dle φ podle principu virtualných rychlostí zmizeti. Odtud

$$P^2 = - \frac{4ag}{\frac{dC}{d\varphi}} \cdot \sin \varphi.$$

Pro velmi malé odchylky můžeme říci, že $\frac{dC}{d\varphi}$, jež celkem též s φ se mění, má hodnotu stálou, a sice tu, jež přísluší $\varphi = 0$. Odtud jest patrné, že čtverec potenciálů na lístcích jest pro odchylky malé v *stálém* poměru k sinusu, či lépe k odchylce samé. Pro větší odchylky měl by se instrument graduovati, což by ale vzhledem k jeho nepraktickému upravení bylo prací nevděčnou.

Spůsobí-li těleso, jehož P a E má hodnotu P_1 , E_1 , v lístcích potenciál P_2 (E_2 jest patrně 0) a sice influencí, máme rovnice

$$P_1 = A_{11} E_1, \quad P_2 = A_{21} E_1,$$

kdež A_{11} a A_{21} opět jen na geometrických parametrech závisí. I zde se dá jak nahoře dokázati, že pro malé odchylky jest čtverec potenciálů na témže tělese *indukujícím* v přímém poměru s odchylkami.

2. Kohlrauschův a Dellmannův elektrometr, jichž zde popisovati nebudeme, jelikož ve větších kompendiích popsány bývají, mají tutéž theorii. Hyblivý magnet (a vodič) jest k magnetickému meridiánu tak vázán, jako lístky k vertikále. Odchylky jeho indikují opět čtverce potenciálů. Elektrometr Coulombův bývá i v dílech elementárných vypsán. Jest to stroj absolutný. Vespolečné odpuzování kuliček se vyváží zkroucením drátku. Možno tedy pomocí něho podle známých vzorců kvanta elektrická udati v grammech, cm. a sek. Vytýkati mu dlužno, že kuličky nejsou dokonale sférické, že skrz vespolečnou influencí se jako body nepřitahují, že torse není pravidelná. Mimo to jest, mají-li býti indikace jeho správné, nutno jej vodivou plochou obklopiti, a vyšetřiti vliv influenční elektřiny ve vnitřku obalu. Pro obaly sférické, válcovité, neb pro obaly, jež se z dvou rovnoběžných desk skládají, bylo by podle metody „obrazů elektrických“ možno, problém ten řešiti. Jelikož však Coulombův elektrometr mechanicky dokonale se konstruovati nedá, nemělo by řešení než interes mathematický.

3. Dokonalým přístrojem idiostatickým jest Thomsonův „absolute electrometer“ ve formě původní. Porovnává se ním přitažlivost dvou rovnoběžných desk, jež jsou na různém potenciálu, se závažím. Mysleme si v podstatě citlivou váhu analytickou, dokonale izolovanou, se stejným závažím na obou miskách, tak že ručička vahadla na nulle stojí. Pod jednou z misek budiž rovnoběžná izolovaná deska, jež se mikrometrickým šroubem zvedati dá.

Nabijeme-li nyní misku a desku na rozličný potenciál, bude miska, z níž dříve závaží odstraněno bylo, tažena k zemi, při čemž se distance šroubem tak změnití dá, že ručička vahadla opět na nulle se ustálí. Při této distanci d rovná se tedy přitažlivost desk tíži odstraněného závaží. Znamená-li ještě F plochu misky, P a P_1 dotyčné potenciály, jest síla mezi deskami dána vzorem $F \cdot (P - P_1)^2 : 8\pi d^2$, kdyby se předpokládalo, že rozdělení elektřiny na míscce jest rovnoměrné, t. j. takové, jaké by bylo, kdyby byla míska částí nekonečné roviny. V tomto případě platí totiž: $\frac{d^2P}{dz^2} = -4\pi\varrho$, kdež „ z “ značí koordinatu na ose „ z “, od hořejší plochy mísky podle normály do dielektrika k dolejší desce čítané. Attrakce desky bude tedy

$$F \cdot \int_{z=0}^{z=\delta} \varrho \cdot dz \cdot \left(-\frac{dP}{dz}\right) = \frac{F}{4\pi} \int_{z=0}^{z=\delta} \frac{dP}{dz} \cdot \frac{d^2P}{dz^2} \cdot dz = \frac{F}{8\pi} \int_{z=0}^{z=\delta} \left(\frac{dP}{dz}\right)^2.$$

Avšak pro $z = \delta$, t. j. na ploše mísky obrácené k desce jest $\frac{dP}{dz} = \frac{P - P_1}{d}$, a pro odvrácenou plochu jest, pak-li míska jest částí roviny nekonečné, $\frac{dP}{dz} = 0$. Odtud vychází výraz hořejší.

Prakticky učinil W. Thomson mísku částí nekonečné plochy tím, že ji obklopil velkou kovovou deskou s kruhovitým otvorem, jenž jest o 0.4^{mm} asi dle poloměru větší než míska, jež v stavu rovnovážném otvor ten vyplňuje. Tato „guard plate“ *) jest

*) *Guard* znamená: stráž, ochrana, ale též okraj, obruba; zdá se, že chtěl Thomson šťastně volenými výrazy „guard ring“, „guard plate“

pak na vzdálenějších částech ve spojení s jinou kovovou plochou, jež s ní tvoří plochu uzavřenou, v kteréž celá váha obsažena jest. Docílno tím předně přibližně rovnoměrného rozdělení elektřiny na míse, a zároveň, že se elektřina nachází jen na té ploše mísky, jež jest k dolejší desce obrácena. Maxwell podal zevrubnou theorii guard-ringů, bera ohled na rozdělení elektřiny v blízkosti úzkého mezikruží, jež patrně dokonale rovnoměrným předc nebude. Korrekce však Maxwellovou theorii zavedené, nejsou veliké.

Spočívá-li tedy na míse závaží, jež má V jednotek hmoty mechanické, tož platí pro rovnou váhu relace:

$$V \cdot g = F \cdot \frac{(P - P_1)^2}{8\pi d^2},$$

kdež jest g accelerace tíže.

Lze jí differenci dvou potenciálů vyjádřiti jednotkami hmoty, délky a času.

Největší opatrnost vyžaduje měření distance mezi dolejší deskou a hořejší miskou v poloze rovnovážné. Difference by se měřila patrně tak, že by se šroubem zvedla deska, až by se dotkla mísky. Při poměrně malých vzdálenostech jest dosti malá chyba zde velmi škodlivá. Proto užil Thomson později metody heterostatické.

Dejme tomu, že bychom měli měřiti differenci dvou potenciálů P_1 a P_2 . Na místo abyom uvedli desku i miskou na tyto potenciály, nabijme dolejší desku na konstantní potenciál P_3 trvale. Může se užiti většího počtu článků, neb po případě se může konstance zvláštním elektrometrem (gauge electrometer) kontrolovati a přístrojem „replenisher“ zvaným udržovati.

Nyní se uvede míska na potenciál P_1 .

Obdržíme relaci

$$\sqrt{\frac{8Vg\pi}{F}} \cdot d_1 = P_1 - P_3.$$

Uvedeme-li ji však na P_2 , obdržíme druhou relaci

$$\sqrt{\frac{8Vg\pi}{F}} \cdot d_2 = P_2 - P_3,$$

oba pojmy současně naznačiti. Překlad jest tudíž nesnadný: „ochranná deska“ tuším ještě názvem nejprůměřenějším.

a odtud

$$(d_1 - d_2) \sqrt{\frac{8Vg\pi}{F}} = P_1 - P_2;$$

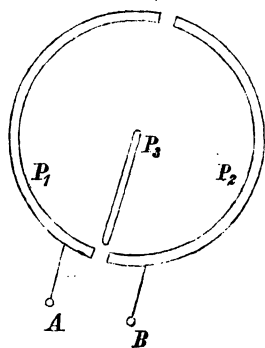
$d_1 - d_2$ dá se na šroubu nepoměrně dokonaleji vyměřiti než na př. d_1 , poněvadž jest to délka, o kterou v jednom případě deska stojí výše než v druhém.

Arrangement Thomsonův se liší od popsaného námi přístroje jen tím, že vahadlo opatřeno horizontálním vlasem, jenž se v poloze rovnovážné objevuje uprostřed mezi dvěma vertikálně nad sebou stojícími body v ploše bílé. Jest tím nahrazena ručička na vahadle.

Měřeními tohoto druhu našel Thomson, že dvě rovnoběžné desky [$1 \square^{\text{dm}}$] se ve vzdálenosti 1^{mm} přitahují se silou 5.7 grammů (v Glasgově), rovná-li se difference pot. 1000 Daniellových článků. Citlivost přístroje jest velice značna.

V přístrojích pozdějších napíná atrakce (elektrická) péro, jež drží mísku. Přístroj takto konstruovaný nevyžaduje takové opatrnosti, jako přístroj na hoře popsaný. Pružnost per se měří obremeněním mísky. Podobně zařízen jest Thomsonův „portable electrometer“, „long range electrometer“.

Největšího rozšíření dosáhl Thomsonem ponejprv konstruovaný elektrometr kvadrantový. Zárodkem jeho jest t. zv. : „divided ring electrometer“, jenž se skládá v podstatě z dvou polovic kovového kroužku, dobře izolovaných, a v horizontální rovině upevněných (obr. 1.). Kroužky ty uvedou se na potenciály, jichž difference se změřiti má. Ve směru osy toho kruhu napnut jest drát, na konci dolejší jest ve spojení vodivém s vnitřkem Leydenské láhve, na konci hořejší jest tak upraven, jako drát v Coulombově elektrometru. Tam, kde drát vystupuje nad rovinu kroužku, upevněna jest na něm kovová jehla, jež má délku polo-



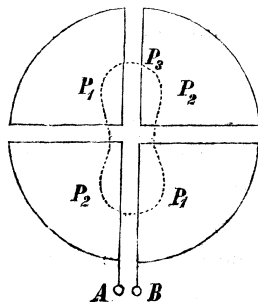
Obrazec 1.

měru, a v stavu rovnovážném na to místo ukazuje, kde se dvě polovice kroužkové schází. Potenciál její jest týž, jako láhve. Dejme tomu, že kladný. Nabije-li se

nyní levý polokroužek pozitivně, pravý negativně, odchýlí se jehla na stranu pravého kroužku. Odchylka ta se může buď přímo měřiti, neb se může odchylka kompenzovati torsí na hořejším konci drátu napnutého. Jelikož tento stroj sloužil původně k pozorování atmosférické elektřiny, musil býti drát napnut, a ne zavěšen, aby se stroj snadno při přenášení ad-justovati mohl.

V principu tedy skládají se tento, jakož i všechny kvadrantové elektrometry z dvou symetricky položených vodičů. Nad těmito jest konduktor, k oběma symetrický (v poloze rovnovážné), jehla, malá ploška z alumina v podobě lemniscaty, jež se kol vertikálu osy otáčeti může, a uveden jest na vysoký potenciál láhve Leydenské. Tento vodič, kratčejí jehla se otáčí kol jednoduché niti kokonové, jež jest na hořejší části přístroje upevněna. V tomto případě jest jehla opatřena malým magnetem, aby systém měl direkční sílu, jež se přiblíženým magnetem zmenšiti neb zvětšiti může. V pozdějších přístrojích užito závěsu bifilárního. V obou případech sahá od jehly platinový drátek, na jehož konci zavěšeno závažíčko do sirkové kyseliny, jež jest na dně obrácené Leydenské láhve, tvoříc její vnitřní armaturu, vysušujíc zároveň vzduch v elektrometru. V jiných strojích visí jehla na platinovém drátku teninkém, jež jest na hořejším konci u vnitř Leydenské láhve upevněn. Tento závěs má direkční síly dosti sám pro sebe, nehledě k tomu, že se kmitání neúplnou pružností platiny rychle zmařuje.

Zmíněné symetrické konduktory skládají se nyní ze čtyř kruhových kvadrantů, po dvou křížem spojených (obr. 2.), neb ze čtyř kvadrantů válce (Edelmann), neb ze čtyř kvadrantů na obou stranách krytého válce, podobně spojených. Theorie přístroje jest poměrně jednoduchá. Ať značí P_1 P_2 P_3 po sobě potenciály na kvadrantech (jež se knoflíky A, B se zdrojem elektřiny spojují) a na jehle. Pak jest energie soustavy při dané odchylce φ jehly od polohy rovnovážné dána vzorcem



Obrazec 2.

$$E = A_{11} P_1^2 + A_{22} P_2^2 + A_{33} P_3^2 + 2A_{12} P_1 P_2 + 2A_{13} P_1 P_3 + 2A_{23} P_2 P_3.$$

Moment sil elektrických, jež jehlou točí ve směru odchylky φ , obdržíme, když diferencujeme E dle φ , a opatříme jej znaménkem minus. Budeť

$$- \left[\frac{dA_{11}}{d\varphi} P_1^2 + \frac{dA_{22}}{d\varphi} P_2^2 + \dots \right].$$

Koeficienty A a jich derivace závisí na odchýlce φ . Jestli jest tato malá, můžeme za ně vzít ty hodnoty, jež přísluší $\varphi = 0$. Zovme je kratčeji a_{11} , a_{12} . . .

Podmínky, jimž elektrometr symetricky a dokonale konstruovaný vyhovovati musí, jsou:

a) Jehla nesmí se odchýliti, jestli jsou kvadranty nabity na stejný potenciál P_1 . Platí pak

$$P_1^2 [a_{11} + a_{22} + 2a_{12}] + 2P_1 P_3 [a_{13} + a_{23}] + P_3^2 \cdot a_{33} = 0.$$

Odtud plyne

$$a_{11} + a_{22} + 2a_{12} = 0, \quad a_{13} + a_{23} = 0, \quad a_{33} = 0.$$

Použitím této relace máme pro moment síly elektrické výraz

$$- (P_1 - P_2) [a_{11} P_1 - a_{22} P_2 + 2P_3 a_{13}].$$

b) Obrátíme-li nyní směr náboje, t. j. přejde-li P_2 v P_1 a P_1 v P_2 , pak se odchýlí jehla na druhou stranu o týž úhel φ , jestli jest stroj symetricky konstruován. Ve vzorci našem přejde mimo to a_{11} , a_{22} , a_{13} v $-a_{11}$, etc. dle věty

$$\frac{\partial}{\partial (-\varphi)} = - \frac{\partial}{\partial \varphi}.$$

Moment na stranu obrácenou bude

$$- (P_1 - P_2) [a_{11} P_2 - a_{22} P_1 + 2P_3 a_{13}],$$

Tyto momenty se musí rovnati.

Odtud plyne relace

$$a_{11} + a_{22} = 0.$$

S momentem tím udržuje buď torse, neb terrestrický magnetism, neb tíže při závěsu bifilárném rovnováhu, a moment těchto sil jest úměrný s odchylkou. Odtud máme, značí-li T konstantu torse

$$T. \varphi = (P_1 - P_2) \left[\frac{P_1 + P_2}{2} \cdot C_1 + P_3 \cdot C \right].$$

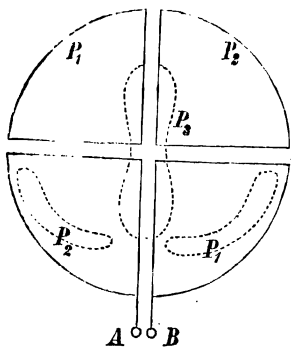
V případech praktických bývá náboj jehly P_3 nepoměrně silnější než náboj kvadrantů. Vysvítá pak ze vzorce posledního, že pro malé odchýlky, deviace φ jest v přímém poměru s diferencí potenciálů na kvadrantech a s potenciálem jehly. Odtud zřejmo, že citlivost jest hlavně podmíněna výší, na kterou jest jehla nabita.

Dlužno tedy, aby náboj láhve co možná stálým zůstával. Docílí se toho jednak úplným vysoušením prostoru elektrometrového kyselinou sirkovou, chloridem vápenatým, dokonalou izolací skla v láhvi Leydenské. U některých strojů (Edelmannova) jest jehla ve spojení se sloupcem Zambonským, jež ztrátu nahraňuje, u dokonalejších, Whitem v Glasgowě konstruovaných strojů, opatřen jest elektrometr ještě malým idiopatickým elektrometrem (aluminovou deskou, se zemí spojenou, jež jest k desce (s láhví spojené tažena), pomocí kteréhož výši náboje lze kontrolovati, a přístrojem principu Holzova, jímž ztráty nahražovati lze (replenisher).

Dokonalá symetrie jest nejtěžší splnitelnou podmínkou, čímž cena přístrojů značně zvýšena jest. Odchýlky se měří zrcadlovou methodou Poggendorfovou. Citlivost jest rozličná. Při vzdálenosti skaly 1^m od zrcadla obnášívá výchylnka 15—20—60 až i 133^{mm} (stroj Edelmannův) pro jeden Daniellův článek. K měření značných diferencí užívá se buď zmíněného „long range electrometru“, neb i elektrometru Thomsonova, jež jest pro tento případ opatřen dvěma deskami od sebe izolovanými, jež stojí nad dvěma sousedními kvadranty (inductions plate). Tyto se uvedou na potenciály, jež se změřiti mají, a způsobí influencí na kvadrantech mnohem *menší* potenciály, jež se změří a z nichž se soudí na výši potenciálů indukujících. Nejsou-li odchýlky již malé, jest dlužno elektrometr graduovati t. jest spojití elektrody jeho s 1, 2, 3... 15 Danielly, a vyhledávati příslušné odchýlky.

5. Chci se zmíniti o jednoduchém přístroji tohoto druhu, jež panem Hervertem v tomto časopise byl již popsán. Z láhve leydenské visí teninký platinový drát s lemniscatou z aluminia.

Nad kvadranty nachází se dvě křídla (A, B, obraz. 3.) tvaru půlměsíčového, jež nad kterýkoliv kvadrant dáti můžeme pomocí



Obrazec 3.

jednoduchého mechanismu, na nějž působiti lze, aniž by se obal elektrometru odstranil. K čemu ta křídla bratřimi Elliot & Brother přidána byla, není mi známo. V docela podobných strojech téže firmy, Gordonem pod jménem „Lecture model“ uvedených, jsem křídel těch nenalezl.

Poněvadž však tento stroj (zhotovovaný v dílně Houdek a Hervert) více rozšířen bude, chci v krátkosti říci, k čemu jsem s prospěchem křídel těch použil. Elektrometr ten se nabíjí takto: Lemniscata se postaví od oka symetricky ke kvadrantům, podle známých předpisů se postaví škála a dalekohled (nebo objektivní arrangement), a určí se přesně poloha rovnovážná. Původní poklop skleněný nahrazen válcem vylepeným staniolem, v němž otvor přikryt jest dobrým zrcadlovým sklem. Když se byly mimo to kvadranty spojily mezi sebou, neb se zemí, nabije se leydenská láhvička malou jiskerkou (residuem z láhve menší). Kdyby byl arrangement dokonalý, nesměla by se jehla hnouti. To se neděje, ba jehla se o 2 až 3 sta mm. stranou vychýlí. Kdyby se přístroj nechal tak, pak by se rovnovážná poloha jehly napořád měnila; v té míře, jak ubývá náboje na láhvi, vrací se jehla do polohy, pružností jí vykázané, zkrátka stroj by nebyl k potřebě. Tuto vadu možno křídly dokonale odstraniti, neboť lze jimi korigovati symetrii kvadrantů tak dlouho, až se octne jehla na vlas v poloze, původní pružností jí vykázané. Jest k tomu potřebí pozorovatelů dvou, jednoho u dalekohledu, a druhého, jenž mění polohu křídel. Během týdne i více, když citlivost elektrometru značně padla, se nezměnila rovnovážná poloha jehly ani o zlomek jednoho mm. Dá se to ostatně též dokázati. Moment sil jest, zanedbáme-li členy jako $A_{11} P_1^2 \dots$

$$- \{ 2P_3 (a_{13} P_1 + a_{23} P_2) + a_{33} P_3^2 \} .$$

Pakli $P_1 = P_2 = 0$, jest odchýlka nulle rovna, čímž $a_{33} = 0$, ať jest P_3 jakékoliv. Křídly lze tedy z výrazu pro moment odstraniti výraz závadný a_{33} .

Z toho však ještě nenásleduje, že by byly odchýlky na obě strany symetrické. To však jest vada nad míru nepatrná, a dá se dvojným měřením, jež při rychlém zmařování kmitů rychle se děje, docela odstraniti. Platí relace dvě

$$\begin{aligned} T\varphi &= -2P_3 (a_{13}P_1 + a_{23}P_2), \\ T\varphi_1 &= +2P_3 (a_{13}P_2 + a_{23}P_1). \end{aligned}$$

Odtud

$$T \cdot \frac{\varphi + \varphi_1}{2} = 2P_3 (a_{13} - a_{23}) (P_2 - P_1).$$

Význam této rovnice jest samozřejmý. Obvykle se odchýlky φ a φ_1 ani o procent nelišily*). Spokojil jsem se s citlivostí 20^{mm} pro 1 Daniell při 1^m. Bez náboje opětovaného klesala citlivost za den asi o 20%, pak méně. Jelikož měření trvá na nejvýš 2 minuty, možno každou difference potenciálu udati v Daniellech, jestli se před a po pokusu stroj spojí s póly elementu Daniellova. K vůli poznání citlivosti uvádím, že dotknutím dvou desk *Zu Cu* a odstraněním jich od sebe docíleny (podle zvednutí) odchýlky mezi 150 a 200^{mm}.

6. O měření potenciálů vůbec.

Nejsnadněji se měří difference potenciálů na takových vodičích, při kterých spojením s elektrometrem difference ta se nezmění, jako ku př. když spojíme poly galvanické batterie s elektrometrem.

Obdržíme tím elektrometrickou sflu batterie v jednotkách třebaš jednoho článku Daniellova, jestli odchýlku způsobenou batterií, dělíme odchýlkou jednoho Daniellova elementu. Měří se tím arcíř elektromotorická síla batterie v stavu otevřeném. Zavřeme-li batterii velikým odporem, proti němuž odpor batterie jest nepatrný, a necháme spojení předešlé, obdržíme elektromotorickou sílu článků *zavřených* v jednotkách těchže.

Zákon Ohmův se přístrojem tímto nejlépe dá demonstrovati.

*) Rozumí se samo sebou, že jestli jest arrangement symetrický pro $P_1 = 0$, bude jím přibližně též pro malé difference, s nimiž se obyčejně operuje.

Máme-li měřiti potenciál menšího vodiče P_1 , tedy klesne spojením s elektrodou elektrometru, poněvadž se totéž množství elektřiny rozdělilo po tělese i po kvadrantech. Znamená-li C a c kapacitu tělesa a kvadrantů, t. j. ono množství elektřiny, které se na tělese a na kvadrantech jeví, obnáší-li difference potenciálu mezi tělesem neb kvadranty a zemí jednotku, znamená-li dále P původní potenciál na tělese, „ p “ potenciál, jež elektrometer udává, pak platí relace:

$$P \cdot C = p (C + c),$$

z kteréž vypočísti lze P , změřeno-li p , a znám-li poměr $\frac{C}{c}$.

Že druhá elektroda elektrometru se zemí spojití se musí, jest patrné, jednáť se určiti, že potenciál tělesa jest vyšší než potenciál země.

Mnohem nesnadnější jest úloha změřiti potenciál v jistém místě vzduchu, jenž tam jest způsoben vlivem třeba elektřin atmosférických etc. Nejsnáze srozumitelná jest tato metoda: Z koule kovové se odstraní elektřina tím, že se koule upevněná na izolujícím držátku uvede do vnitř úplně uzavřené plochy kovové, neb dlouhého válce a že se s ní uvede do styku. Potenciál jest uvnitř všude stálý, neexistuje v něm tedy křivek sil čili elektřiny. Spojení se zemí nemělo by leč ten následek, že se koule uvede na potenciál země, při čemž na kouli vázána býti může ještě elektřina influenční. Pak se koule na ono místo vzduchu dá, pro kteréž výše potenciálu určena býti má. Koule přijme, jak se mathematicky dá dokázati, onen potenciál, jež by indukující síly ve středu jejím vzbudily, kdyby koule tam nebylo. Při tom nastane v kouli influence. Jeden druh elektřiny influenční tvoří se zevnějším systémem rovnováhu, t. j. uvede se koule na potenciál rovný nulle. Zbývající volný druh se rozdělí po povrchu koule, což platí docela exaktně, a vzbudí tedy zmíněný potenciál P , čímž obdržíme $E = P \cdot r$, poněvadž kapacita koule jest poloměru rovna *). Spojíme-li nyní kouli se zemí

*) Kapacitou vodiče nazývá se poměr množství elektřiny E , na něm se nalézající, ku potenciálu jeho V , čili množství elektřiny obsažené na něm při potenciálu rovném jednotce. Potenciál koule obsahující na

klesne potenciál na nullu. Kdybychom nyní přenesli kouli na kterékoliv místo jiné, má vždy v sobě kvantum — Pr. Přenesme ji tedy na místo, kamž vliv elektřin zevních nesahá, t. j. spojme ji s elektrometrem, druhou elektrodu se zemí, a obklopme celý system plochou vodivou, spojenou se zemí. Elektřina (— E) se rozdělí po kvadrantech jí přístupných, a methodou hořejší dovíme se veličinu — P. Tato methoda jest theoreticky sice úplně správná, avšak nelze ji vůči ztrátám elektřiny prakticky provésti.

Maxwell udává methodu následující. Uvedme kouli na ono místo vzduchu, pro kteréž se změnití má potenciál, a spojme ji s nekonečně tenkým drátem s elektrometrem, jenž pak nahoře jest poklopem vodivým se zemí spojeným, chráněn před influencí elektřin atmosférických. Koule budiž před pokusem zbavena vši elektrifikace způsobem již uvedeným. Isolovaná koule by přijala potenciál vzduchu; jest-li jest ale ve spojení s elektrometrem, tedy se jeden druh (influenční) elektřiny rozdělí volně po kvadrantech, a zvýší o něco potenciál kvadrantů. Nyní zbavme kouli lpící na ní elektřiny (— E), a uvedme ji opět ve spojení s elektrometrem. Kdyby byla úplně izolovaná, přijala by opět potenciál vzduchu, a vyvinulo by se opět množství — E na ní. Spojením však s elektrometrem se část indukované (— E) zruší v kvadrantech již obsaženou elektřinou pozitivnou, a na kouli jest pak již mnohem menší množství než — E. Opakuje-li se tento proces, odstraňuje se z koule vždy elektřina záporná, jež výši potenciálu patrně snižuje, a zvyšuje se potenciál na kvadrantech a docílí se konečně, že kvadranty se zvýší až na potenciál, který koule izolovaná na tom místě by měla. V případě tom neproudí volná elektřina více na kvadranty, jež jsou s ní na stejném potenciálu a další opakování popsané procedury bylo by zbytečné. Tato methoda jest opět jen theoretická, avšak jest klíčem k srozumění nad míru pohodlného přístroje Thomsonova, tak zv. „water dropping apparatus“. Mysleme si na onom místě, pro něž výše potenciálů se změřiti má, teninké

povrchu svém množství elektřiny E, jest $V = \frac{E}{r}$, a tudíž kapacita

$$= \frac{E}{V} = r.$$

ústí teninké roury, z níž napořád kapky vodní odpadávají. Odstraňuje se tímto procesem samočinně negativná elektřina na kapce, jež by snižovala potenciál elektrometru s rourkou spojeného, a zvyšuje se potenciál kvadrantů. Jakmile kapky odpadávají neelektrické, má elektroda potenciál vzduchu na tom místě, kde jest střed kapky právě odpadávající. Bylo by tak, kdyby se mohlo říci, že rourka jest nekonečně teninká, a odpadávající kapky veliké a sférické. Jinak indukuje elektřina atmosféry též na rouře, a na spojené s ní nádržce vodní. Aby se tomu zabránilo, měl by se Thomsonův „Water dropping“ konstruovati takto. Nádržka vody z kovu zhotovená se spojí s rourou tenkou, z níž odkapuje voda. Nádržka jest izolovaná a spojená s jedním kvadrantem elektrometru, kdežto druhá elektroda jest spojena se zemí. Aby atmosférické elektřiny neindukovaly na celou nádržku i rouru, bylo by nutno, obklopiti je vodivou plochou se zemí spojenou. Indukce *se obmezí jen na místo odkapu*, a elektrometr v kratinkém čase udává jakousi střední hodnotu potenciálu v prostoru kapkou zaujatém, jelikož se celkem předpokládáti nedá, že by kapky byly sférické. V tak malém prostoru se však potenciál hmot zevnějších mnoho nemění. V praxi dostačí, když se jedná o elektřiny mimo dům, nádržku postavit v světnici před okno, a dlouhou rourou asi metr neb dva z okna vyčnívající vodu nechati odkapávati.

Mysleme si v jiném případě izolovaný plamen lampičky líhové ve spojení s elektrometrem. V případě tomto podléhá plamen influenci, a prouděním vzduchu horkého do výše se odstraňuje onen druh influenční elektřiny, jež snižuje hodnotu potenciálu na elektrometru; poslední udává za krátký čas střední hodnotu potenciálu v obvodu plamene.

Jiná metoda jest tato: Mějme kouli spojenou s elektrometrem. Z uzavřené nádoby kape voda na kouli. Po krátkém čase nabit jest elektrometr na onen potenciál vzduchu, kde kapky dopadají na kouli. Neboť kapky, vycházejíce z prostoru uzavřené jsou neelektrické. Padajíce vzduchem přijímají na se potenciál míst, kterými procházejí. Při dopadu na kouli mají tedy potenciál vzduchu v témž místě. Ten jest však v nich zbuzen volným druhem elektřiny influenční, jež se kouli a kvadrantům tak dlouho sděluje, až kapky odpadávají neelektrické

t. j. až jich volná elektřina nejde na kvadranty, t. j. až tyto mají potenciál kapek dopadajících.

Lampy, water dropping apparatus, jsou tedy přístroje, jež zachycují potenciál vzduchu. Proto nimi lze mnohé zajímavé pokusy prováděti.

Přibližujeme-li knoflík nabitě láhve, dokážeme, že potenciálu ubývá se vzdáleností lineárně. Foukne-li se kouř doutníku na plamen lampy, vjedeme-li si prsty do vlasů, okamžitě to udává elektrometr.

Elektrometrem lze mimo to provésti rozličné velmi jemné pokusy, zelectrování turmalínu, křemene záhřevem, vápence tlakem.

Velmi zajímavý pokus učinil Thomson. Spojme každou elektrodu elektrometru s izolovanou lampičkou, a přiklopme jednu lesklým válcem z cinku, druhou válcem z mědi, a spojme tyto. Každý z válců má jistý potenciál, uvnitř každého válce jest však potenciál stálý. Proto přijme lampička jedna potenciál zinku, druhá potenciál mědi. Obrátí-li se přístroj, dá se vyloučiti vliv elektřin zevnějších, jakož i nestejnost vlivu elektrického při hoření lamp a lze takto změřiti potenciál při dotknutí Zn a Cu vzbuzený.

O promětnosti cyklické.

Sděluje Emil Weyr.

(Pokračování.)

18. „Dvě kollineární roviny lze na nekonečně mnoho způsobů tak na se vložiti, že tvoří cyklickou promětnost trojprvkovou“.*)

Budtež $\varrho\varrho'$ kollineární roviny, $M_{\infty}N'_{\infty}$ jich úběžné přímky a $M'N$ přímkám těm promětně přiřazené přímky v ϱ' resp. v ϱ . Vložme nyní roviny $\varrho\varrho'$ na sebe. Úběžnému bodu m_{∞}

*) Srovnej H. S. Schröter „Ueber perspektivisch liegende Dreiecke“ a J. Rosanes, „Ueber Dreiecke in perspektivischer Lage.“ Mathem. Annalen, sv. II.