

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Josef Sahánek

Elektrické dvojvrstvy. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 63 (1934), No. 1, R9--R14

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122521>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1934

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>

$$b = p^2 - \frac{m^2 n^2}{p^2} + n^2 - m^2 = \frac{1}{p^2} (p^2 + n^2) (p^2 - m^2),$$

$$c = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} = p^2 + q^2 = p^2 + \frac{m^2 n^2}{p^2},$$

$$O = \frac{mn}{p^2} (p^2 + n^2) (p^2 - m^2).$$

Tenže výsledek dostaneme ovšem, dosadíme-li příslušné hodnoty do determinantu, uvedeného na počátku. Za předpokladu, že volíme $p > m$ (čo je nutné, aby b malo význam) dokážeme i možnosť existencie trojuholníka, lebo i súčet každých dvoch strán je väčší, ako strana tretá (čo je podmienka nutná a postačujúca).

Volíme-li mn deliteľné p , dostaneme riešenie *celými číslami*.

Poznámka: V racionálnom trojuholníku sú i ostatné veličiny ako na pr.: výšky, polomery kružníc, funkcie uhlov a pod. racionálne, o čom sa ľahko presvedčíme výpočtom. (Príště dokončení.)

Elektrické dvojvrstvy.

Josef Sahánek.

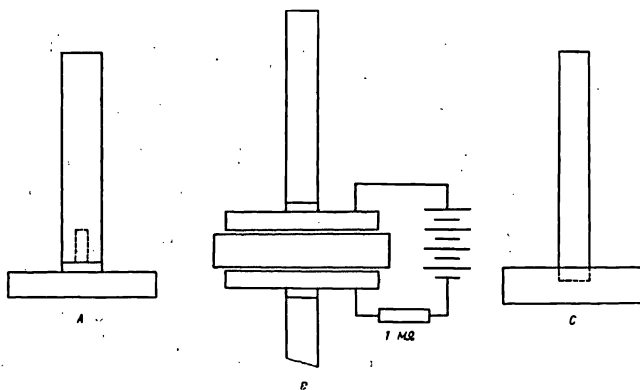
Na rozhraní dvou látek lze pozorovati řadu elektrických úkazů, jejichž vznik vysvětlujeme si předpokladem elektrických nábojů, kupících se po obou stranách rozhraní. Náboj na jedné straně má při tom znamení kladné, na druhé straně záporné. Střední vzdálenost nábojů jest malá, příp. jen rozměrů molekulárních. Soustava těchto dvou nábojů kupících se po obou stranách rozhraní nazývá se *elektrickou dvojvrstvou*. Elektrická dvojvrstva *samočinně* vzniká jen na těch místech, kde se hraniční plochy obou uvažovaných látek skutečně dotýkají. Elektrické množství po jedné straně stykové plochy se nalézající závisí proto na opracování stykových ploch.

Pojem elektrické dvojvrstvy zavedl do fyziky Helmholtz (1879), aby vysvětlil vznik dotykové elektřiny. Tento pojem osvědčil se však i při výkladu četných jiných jevů elektrických vznikajících na rozhraní dvou látek. Dotykovou elektřinou nazývá se úkaz vzniku elektrických nábojů na dvou látkách, které byly ve stavu neelektrickém uvedeny do styku a pak od sebe opět oddáleny. Úkaz ten vzniká mezi kterýmikoliv dvěma látkami, tedy jak mezi dvěma samotiči (isolátory), tak mezi vodičem a samotičem, nebo mezi dvěma různými vodiči. V posledním případě nazývá se úkazem Voltovým. Čím lépe jsou stýkající se plochy

opracovány, tím větší jest náboj, který po jediném, prvním dotyku se na nich objeví. Opětuje-li se dotyk, pak velikost náboje sice vzrůstá, ale ne trvale, nýbrž blíží se určité hodnotě. Ježto při oddálení látek od sebe se předpokládána elektrická dvojrůžstva roztrhne tak, že na jedné látce zůstává náboj jednoho, na druhé druhého znamení, je děj obdobný s dějem při rozložení rozkladného kondensátoru. To zn., že mezi látkami jest nějaký potenciální rozdíl, který se při oddělení látek podstatně zvýší a to v poměru kapacity dvojrůžstvy ke kapacitě jednotlivé látky. Okolnost, že nelze opakováním pokusu získati na látce libovolné množství elektriny, že toto může dosáhnouti jen určité nejvyšší hodnoty, při níž potenciál jedné látky vůči druhé dosahuje pro dané dvě látky charakteristické hodnoty, na velikosti jich nezávislé, dá se vyložiti tím, že mezi náboji dvojrůžstvy, když se obě látky dotýkají, jest zcela určitý potenciální rozdíl, který se nazývá *dotykovým potenciálem*. Nejsnáze si lze předvésti vznik dotykové elektriny pokusem Christiansenovým (1894) v úpravě Cohena a Lotzea (1920). Kruhová kovová deštička upevněná na izolujícím držadle (užívaná při rozkladném kondensátoru) pokryje se krátkým ponořením do roztopeného parafinu vrstvičkou tohoto. V okolí místa, kde je upevněno izolující držadlo vrstvičku odškrábneme, abychom náboj z desky snadno mohli přenéstí dotykem na elektroskop. Dotkneme-li se plochou deštičky povrchu rtuti a pak ji odtrhneme tak, aby rtuť nestříkala, objeví se hned po prvním dotyku na desce silný náboj, o němž se přesvědčíme dotkneme-li se místem zbaveným parafinu deštičky elektroskopu. Dotyk mezi kapalnou rtutí a parafinem jest dokonalejší a ježto se parafin rtutí nesmáčí, lze také rychle stykové plochy od sebe oddělití. Tím si lze vysvětliti úspěch popsaného pokusu.

Vznik elektriny třením vysvětlujeme si pomocí úkazu dotykové elektriny. Pohybem látky jedné podél druhé dosahuje se dotyku po větší ploše než při pouhém přiložení jich k sobě. Tím vytvoří se dvojrůžstva o příslušném dotykovém potenciálu na větší ploše a tím vzniká i větší elektrické množství, které po sesunutí dotýkajících se ploch se uvolní a ocitá se vůči druhému na podstatně vyšším potenciálu. Tak tomu je, třeme-li o sebe dva izolátory, nebo izolátor a polovodič (flanel, srst, dřevo). Upevní-li se na izolujícím držadle na př. tyč železná, pak třeme-li ji na př. flanelem nebo srstí, neobdržíme na ní buď náboj žádný, nebo jen malý. Při sesunutí troucího tělesa z jednoho místa povrchu kovu na sousední posune se totiž, vzhledem k volnosti pohybu náboje v kovu, za nábojem na troucí látce, dvojrůžstva se podél kovové tyče posouvá. Náboj se sice při tom zvětšuje, neboť přicházejí do styku s kovem místa troucí látky ještě nezelektrovaná, ale v okamžiku, kdy troucí látka opouští konec tyče, uvolňují se náboje dvojrůžstvy,

potenciální rozdíl její rychle vzrůstá, zatím co se ještě část troucí látky dotýká tyče. V důsledku toho proráží se povrchová vrstvička náboje dvojvrstvy od sebe dělí a tím se náboje vyrovnávají, až na nepatrný zbytek. Obdobně se stane, jestliže tyč uvolníme z troucí látky rozevřením dlaně. Užije-li se místo izolované tyče kruhové deštičky ze stejného kovu (tedy v našem případě železné), která jest jako desky rozkladného kondensátoru upevněna na izolující tyče (obr. 1a), stačí jedno přejetí plochou deštičky po flanelu na stole položeném, aby po nazvednutí sejevila značně nabitou. Držíme ji ovšem při tření i zdvívání za horní konec izolující tyčky.



Obr. 1.

Elektroskop, případně i kovová nabitá tělesa, vybíjíme obvykle dotykem ruky. Chceme-li jen náboje na elektroskopu neb tělese zmenšiti, dotýkáme se tyčinkou suchého dřeva. Vybití elektroskopu trvá pak i několik vteřin. Dřevo proto řadíme mezi polovodiče. Třeme-li izolované kovové deštičky Fe, Al, Zn se dřevem (v daném případě dřevěná deska byla olšová překližka), nabíjí se všechny tyto kovy kladně. Měď nabíjí se někdy kladně, někdy záporně.

Položí-li se nabitá kovová koule upevněná na izolujícím držadle na dřevěnou podložku, vybíjí se v několika málo vteřinách. Podobně, položí-li se některá ze svrchu uvedených deštiček nabitá na dřevěnou podložku tak, že spočívá na ní jen svým okrajem (a opírá se o konec izolující tyčky), vybíjí se v době docela krátké. Je-li však položena na dřevěnou podložku celou plochou, pak se můžeme přesvědčiti ještě po pěti i více minutách, že je ještě značně nabitá, zdvihneme-li ji za izolující držadlo a spojíme ji s elektro-

skopem. Nabijeme-li desky z *různých* kovů na *týž* potenciál, ubývá nábojů na nich po položení na dřevěnou podložku prakticky *stejně*.

Úkazy tyto můžeme si vysvětliti předpokladem, že povrchová vrstvička dřeva klade mnohem větší odpor než vrstvy hlubší. Velikost tohoto odporu závisí na potenciálním rozdílu po obou stranách vrstvičky a s klesajícím potenciálním rozdílem rychle vzrůstá. Položíme-li nabitou kovovou deštičku hranou na dřevěnou podložku dotýká se této jen na velmi malé ploše. Při velkém potenciálním rozdílu nastává však rychlé vybití vzhledem k zmenšenému odporu ve stykovém místě. Položí-li se nabitá deska *celou plochou* na dřevěnou podložku, vzniká v ní indukci vázaný náboj, a obdobně jako u rozkladného kondensátoru klesá potenciál deštičky vůči podložce na hodnotu mnohokráté či tisíckráté menší. Tím roste odpor povrchové vrstvičky dřeva a vybití kovové deštičky trvá proto několiksetkráté déle než při dotyku jen hranou, třebaže plocha, kterou náboj do dřeva odplývá, jest nyní mnohokráté větší.

Všimněme si nyní, jak se chová deštička dřevěná na izolující tyčince upevněná. K elektroskopu připojí se na př. kovová deštička upevněná vodorovně v izolujícím stojánku (obr. 1b) a na tuto klademe třené deštičky dřevěné, držíce je při tom za izolující tyčinky. Třeme-li špalíčky různého dřeva (dubové, z pařeného buku, smrkové, jasanové dobře vyschlé) o flanel položený na stole stejným způsobem, jako byly před tím třeny deštičky kovové, shledáme položením jich na deštičku elektroskopu, že jsou skutečně nabity a to elektřinou zápornou. Při položení na kovovou deštičku elektroskopu jen velmi pomalu přechází s nich náboj na elektroskop, podobně jako dříve pomalu přecházel náboj s kovových deštiček do dřeva. Při tření nabíjejí se obvykle rychleji, pohybujeme-li jimi napříč letům, než při pohybu podél let. Ale i různá dřeva třena o sebe se nabíjejí, na př. třeme-li dubové o olšové. U dubového nastává někdy dokonce nabíjení, když jsou třeny dva kousky z téhož prkna napříč letům o sebe.

Pozvolné vybíjení nabitého dřeva položeného na kovovou podložku dá se vyložití tímtož pochodem, jako při položení kovové nabitě deštičky na dřevěnou podložku. Dřevo k dalším pokusům můžeme pohodlněji a vždy stejně nabíjeti jiným způsobem. Položí-li se na dobře rovinně vybroušenou lithografickou břídlíci stejně dobře vybroušená kovová deštička a připojí-li se k této a k polepu na druhé straně břídlíci zdroj napětí kolem 200 voltů, objeví se mezi břídlou a kovovou deskou síla k sobě je přidržující, o které předpokládáme, že je důsledkem přitahování kladného a záporného náboje *dvojevrstvy* na společném povrchu vzniklé. Úkaz tento je znám pod jménem jevu Johnsen Rabbekova. Z velikosti přitažlivé síly vychází pro střední vzdálenost nábojů

dvojrvtvy (podle Rottgarta 1921) setina až pět tisícin milimetru. Závisí to přirozeně na dokonalosti opracování stykových ploch. E. Regener (1922) ukázal, že odpojí-li se zdroj napětí od kovové desky a tato se za izolující držadlo vyzdvihne, nabije se na značně vysoký potenciál. Ježto při připojené baterii prochází systémem proud odpovídající odporu řádu 10^8 ohmů, měly by se náboje dvojrvtvy po odpojení zdroje vyrovnati asi během vteřiny. Regener však zjistil, že ještě po uplynutí jedné minuty i delší ještě doby je stále kovová deska po odtržení poměrně silně nabitá. Tento jev si rovněž snadno vyložíme svrchu učiněným předpokladem o závislosti přechodového odporu, t. j. odporu povrchové vrstvičky břidly, na potenciálním rozdílu dvojrvtvy. Uspořádání Regenerovo lze použítí za elektrofor, u něhož odpadá tření ebonitové desky před pokusem, zato nutno při pokusu místo prstem dotknouti se kovové desky jedním přívodem od baterie, zatím co druhý pól baterie jest přes vhodný velký odpor (na př. megaohm) spojen se spodním polepem břidlicové desky. (Obr. 1b.)

Provede-li se pokus obráceně, tedy na kovovou desku spojenou s jedním pólem baterie položí se deštička lithografického kamene, nebo též deštička *dobře proschlého* dřeva opatřená izolujícím držadlem (obr. 1c) a dotkne se horního povrchu deštičky přívodem od druhého pólu baterie, tak po zdvihnutí *není* deštička nabitá. Teprve nechá-li se přívodní drát, na př. zakončený 5 mm silným nástavkem, dotýkati horní plochy u dřeva (podle jeho vyschnutí) po desítky vteřin, u lithografického kamene ještě déle, ukazuje se, že po oddálení přívodu a zdvižení deštičky za izolující držadlo jsou nabity. Dotkne-li se však horní plochy nenabitě deštičky opět na kovovém podkladu položené prstem ruky, při čemž konec přívodu od baterie držíme nyní v ruce, stačí při napětí baterie 120 voltů několik málo vteřin, aby po oddálení prstu, zdvihnutí deštičky a položením jejím na deštičku elektroskopu ukázal se potenciál i několika tisíců voltů. Zdvihneme-li deštičku záhy s desky elektroskopu zůstává tento nenabit. Teprve po delší době, jež jest zvláště dlouhá u lithografického kamene nebo u deštičky mramorové, rozprostře se náboj deštičky též po elektroskopu.

Elektrická dvojrvtva nevzniká tedy jen samočinně při dotyku dvou látek, nýbrž i připojením zdroje elektromotorické síly k oběma stýkajícím se látkám. Velikost náboje jednoho každého znamení v dvojrvtvě závisí nyní na velikosti napětí použitého zdroje. Měníme-li hodnotu napětí postupně od nuly — při čemž nabíjecí dobu volíme vždy stejnou a tak dlouhou (u lith. kamene postačí několik málo vteřin, někdy i doba kratší jedné vteřiny), aby další prodloužení dotyku nemělo již na výsledný potenciální rozdíl po oddálení deštičky vlivu — vzrůstá také postupně potenciál, na který se deštička nabíjí. Náboj s deštičky přechází na

elektroskop jen velmi zvolna proto, že elektroskop jest indukci nabit na potenciál téměř stejný. Jest tedy potenciální rozdíl mezi nabitou kamennou deštičkou a elektroskopem jen malý a tedy přechodový odpor povrchu kamene veliký.

Chceme-li rychle vybiti elektroskop neb nabitý vodič, dotkneme se ho přímo prstem ruky nebo kovovým drátem, který držíme v ruce. Dotkneme-li se *prstem* horní strany nabitého lith. kamene ležícího na desce elektroskopu, vybije se rovněž téměř okamžitě. Naproti tomu dotkneme-li se ho drátem, který držíme v ruce, vybíjí se pozvolna. Zprvu poklesne potenciál s několika tisíc voltů poměrně rychle pod tisíc volt, pak se ale udržuje po mnoho vteřin, ba i minut, klesaje jen velmi pomalu. Zcela podobně chová se také deštička dřevěná, jen úkazy tyto nejsou na ní tak ostře vyhraněny. Nabíjení přes prst ruky trvá delší dobu a také vybíjení prstem trvá znatelný čas, naproti tomu vybíjení dotýkajícím se drátem pokračuje poněkud rychleji než u lithograf. kamene, nebo mramoru. Tyto úkazy nasvědčují tomu, že odpor přechodové vrstvy zkoumaného polovodiče jest při dotyku prstem podstatně menší než při dotyku kovem. Elektrina přes stykové místo prstu s polovodičem proudí snadno jak dovnitř, tak ven. (Příště dokončení.)

O praktickém významu geofysiky.

Dr. Čeněk Kohlmann.

Geofysika, jako věda pracující na fyzikálním prozkoumání Země, není starou vědeckou disciplínou. O svou samostatnost zápasila dlouhou řadu let s geologií a astronomií; teprve počátkem našeho století proniká a řadí se čestně po bok ostatním vědním disciplínám. Zvláště ve světové válce poznala se důležitost geofyzikálních objevů. Léta poválečná vykazující všestranný pokrok ve všech odvětvích průmyslu; poměry výrobní, hospodářské i sociální přinutily průmysl, aby hleděl staré a nákladné metody výrobní nahraditi novými, které těžice z vědeckých poznatků by nejen zmenšily výrobní náklad, ale předčily metody dřívější i svou praktičností. Byli to opět praktičtí obyvatelé Nového Světa, kteří v posledních letech vedle prakse pěstují i teorii, vědouce ze zkušenosti, že jenom ty podniky, kde prakse postupuje ruku v ruce s vědou, mají ve slonu dnešní doby zaručenu zdárnou prosperitu.

Velikou část průmyslových hmot dodávají nám nejsvrchnější vrstvy zemské kůry. Je proto docela samozřejmé, že i těžaři se snaží zaváděti moderní vědecké metody, nahrazující metody