

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Karel Regner

Methodické poznámky k elektrostatice

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 67 (1938), No. Suppl., D200--D205

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120806>

Terms of use:

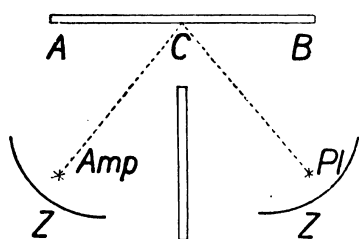
© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1938

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>

že spodní část amplionu bez zvukové trubice postavíme na kruh stojanu a upevníme svěrákem proti zrcadlu, aby otvor byl v ohnisku anebo amplion postavíme na stůl a jeho nástavek spojíme hadicí s kuželovitou trubicí, jejíž širší otvor upevníme v ohnisku zrcadla. Proti prvému zrcadlu postavíme souose druhé zrcadlo s citlivým plamenem v ohnisku; zařízení jest tak citlivé, že nakláněním zrcadla kolem osy vodorovné neb stáčením kolem osy svislé neb posouváním můžeme zrcadla i spolu centrovati podle reakce plamene.



Obr. 4.

Odraz od rovné desky, rovnost úhlů dopadu a odrazu lze ukázati tak, že obě zrcadla v úpravě podle předešlého pokusu postavíme k sobě šikmo, aby vlny vycházející od jednoho zrcadla po odrazu od rovné desky dopadaly na druhé zrcadlo, a pro jistotu postavíme ještě mezi obě zrcadla svisle větší desku (obr. 4). Otáčením desky postavené proti zrcadlům kolem svislé osy C ukáže se, že při rovnosti úhlů jest odraz

nejsilnější; ale zjev jest složitější, při otáčení desky ukazuje se více maxim a minim, patrně analogii Lloydova zjevu v optice.

Vložením jiné desky na př. lepenkové v cestu vlnám, zvláště při předešlém pokuse se ukáže, že i poměrně malá deska zadržuje zvukové vlny a vrhá stín.

Se dvěma ampliony nebo připojením rozvětvené trubice k amplionu, aby zvuk vycházel současně ze dvou míst od sebe vzdálených, bylo by možno provésti pokus analogický pokusu s Fresnelovými zrcadly, po případě sledovati citlivým plamenem celý průběh hyperbol.

Methodické poznámky k elektrostatice.

Karel Regner, Ml. Boleslav.

V dosavadních všech učebnicích pro sedmou třídu reálek vykládala se el. statika podle svého historického vývoje a vztahy kvantitativní měly za základ zákon Coulombův, kterým byla také stanovena absolutní jednička el. statická pro el. množství, a potenciál byl definován jako jednotková práce v el. poli. Ježto však zákon Coulombův není pokusně přesně dokazatelný a platí jen nepřímou v důsledcích, visely všechny kvantitativní vztahy pouze na teorii. V legální soustavě se přijímají jako základní el. veličiny, předně napětí, jakožto specifická vlastnost el. pole, měřitelná tedy zase jen jiným napětím, zvoleným za jedničku; je to 1 volt reali-

sovaný podle normálního článku. Druhou základní veličinou je proud, který doprovází zánik el. pole. Intenzita proudu je množství elektřiny prošlé vodičem za 1 sec a jednička se určuje podle účinků magnetických nebo chemických. Když se zavedou takto definované jednotky do el. statiky, dosáhne se předně jednoty s el. kinetikou a za druhé jsou možná měření, jejichž výsledky se nad to budou lišiti od obdobných měření v el. kinetice jen kvantitativně.

Toto řešení bylo přijato v nové učebnici fyziky pro reálky, sepsané dr. Heroldem a dr. Ryšavým s velkou znalostí věci a důsledně v celé el. statice; jenom po stránce metodické myslím, že by mohl býti výklad pozměněn. Někde to zavinila přílišná stručnost textu. Naznačím, jak bych pro sebe co pozměnil, kdybych měl podle té knihy vyučovat.*)

Dříve však chci upozorniti na nesnáz, která je spojena s novým způsobem výkladu, na nesnáz možná neodstranitelnou, vězící ve věci samé. Je to obtíž strojové a experimentální části výkladů. Protože se při vybití el. statického pole jedná o kvanta el. velmi malá, je potřeba také stroje velmi citlivého (10^{-8} A), tedy zrcadlového, jehož adjustace vyžaduje času, není-li definitivně montován. To ovšem je nepodstatné, důležitější je, že pro neustálenost vybíjecího proudu kondensátoru bude stroj k jeho měření nutně balistický, aby mohl měřiti prolétlé el. kvantum výchylok jemu úměrnou, dále že rotační zařízení ke střídavému nabíjení a vybíjení kondensátoru, jak se v řečené knize navrhuje, musí být vždy stejně rovnoměrné, aby se mohly výsledky měření srovnávat, konečně i to, že se musí prokázati přiměřenými pokusy, že stroj ten měří skutečně procházející elektřinu a ne na př. napětí. To všechno příliš předpokládá a předbíhá budoucím výkladům, může být zcela případné na vysoké škole, ale ne na střední, kde se má všechno vyvíjet jedno ze druhého teprve před žákem, aby v něm mohlo jaksí uzrání a tak dojít porozumění. Pokusy, při nichž se měří vzdálenosti na půl milimetru, nemohou být pro celou třídu vhodné, postrádající kontroly, nehodí se ani pro praktikum, jednak pro jemnost užitého zařízení, jednak proto, že chyby v žákovském praktiku jsou asi 10%, nejméně aspoň 5. Proto číselné tabulky v knize uváděné nahradí dobře skutečné pokusy, na mnohých školách nedostupné, ale mají pro nezúčastněného žáka cenu jenom víry ve zkušeného experimentátora.

K jednotlivým paragrafům měl bych tyto poznámky. V § 27 uvedl bych definici, že n článků za sebou spojených dává napětí n -krát větší, jinak by nebylo jasno, podle čeho se el. metr kalibruje. V § 30 bych poznamenal, že se pokusy a), b), c) týkají také proudu

*) Budu ovšem znova nazván pisatelem, který prospal celou dobu od Faradayova objevu pole el. magnetického a který byl kýmsi objednan k nedůstojnému hanopisu.

při vybíjení kondensátoru, o který se zatím jedná. V § 34 bych začal tím, co je na konci toho paragrafu uvedeno drobným tiskem, a ježto silokřivky, začínající a končící nábojem, nikde se neprotínají, ani nerozvětvují, položil bych hustotu silokřivek rovnou hustotě náboje v každém místě. Pak by bylo vidno, že \mathfrak{E} a \mathfrak{Q} jsou vázány konstantou k z § 32. Číselná hodnota této konstanty, potřebná v celé el. statice, je vytištěna na str. 33 jen nejdrobnějším tiskem a snadno ujde pozornosti čtenářově. V § 35 odkazuje se měření energie kondensátoru na zákon energie trvalého proudu, a to ovšem oklikou přes energii tepelnou. Žákovi tento výklad mnoho nepoví, předbíhá se tu, tím spíše, když se praví, že pokus je pro malost energie těžko proveditelný.

V § 36 je matematický výklad složitý. Zavádí se tu virtuální posun Δl , který se hned v následujícím řádku krátí. Vzhledem ke konstantnosti \mathfrak{E} může se napsat přímo $\frac{1}{2}QE$ voltcoulombů = $= Pd$ ergů. Že je možno z této rovnice pokusně určití nejen vztah 1 voltcoulomb = 1 joule, ale naopak definovat 1 volt, ukazuje § 51. V číselných datech pokusového příkladu je nějaká tisková chyba, výsledek s těmi daty nesouhlasí. V následujícím odstavci drobného tisku se uvádí, že práce je úměrna přímo náboji ΔQ , intenzitě podle \mathfrak{E} a délce silových čar l , napsána je však nikoliv úměrnost, ale rovnost $\Delta L = \Delta Q \cdot \mathfrak{E} \cdot l$, která platí jenom při jedničkách výše zvolených. Snad by bylo lépe začítí § 36 právě tímto experimentálním zákonem, t. j. $P = c \cdot Q \cdot \mathfrak{E} = c \cdot Q \cdot E/l$ a říci, že pokusně vychází $c = 1$, měříme-li práci v joulech, napětí ve voltech a náboj v coulombech. Pokus je ovšem pro školu tak málo proveditelný, jako měření energie kondensátoru v § 35, avšak aplikací uvedeného zákona na deskový kondensátor byla by možná nepřímá jeho kontrola, totiž měření síly P na zobrazeném elektrometru Thomsonově.

V § 37 přichází písmeno k jako konstanta úměrnosti třikrát ve významu pokaždé jiném, což ztěžuje porozumění (obrácený případ je v § 32). Pomohlo by se věci tak, kdyby výklad o silovém toku a vzorec pro intenzitu pole kulového vodiče byl zařazen do § 34, poněvadž je poučení o hustotě siločar rozděleno nepřehledně na §§ 29, 34 a 37. Dále, kdyby místo úměrnosti $\mathfrak{E}_1 \sim Q_1/r^2$ atd. na str. 38 bylo užito hned výkladu se strany následující $\mathfrak{E}_1 = Q_1/4\pi r^2 k\epsilon$. Na konci stránky 38 je napsáno: Protože je zde $\mathfrak{E}_1 = Q_1/r^2$ atd., což je velmi stručné, mělo by se říci, že v absolutní míře el. statické je intenzita pole síla, působící na jedničku náboje (srovnej § 44). V § 38 je princip indukčních elektrík objasněn příliš stručně, bylo by žádoucí uvéstí některý známý obrázek, který ukazuje, jak se náboje rotací rozmnožují. Sám bych také nevynechal výklad o napětí a kapacitě kulového vodiče a jak s tím souvisí sršení z hrotů.

Výklad o magnetismu v § 39 nezačíná jako výklad o elektrické napětí a intenzitě magnetického pole, ale supponovanými magnetickými póly permanentního magnetu a zákonem Coulombovým, jako obvykle. Důvody jsou jasné, pak je však otázka, nebylo-li by lépe předeslati výklad o magnetismu před elektrinu pro větší přístupnost teoretickou i experimentální.

V učebnicích se uvádějí pólové vážky jako přístroj k objasnění Coulombova zákona, avšak nedá se jimi objasnit. Dobrý je ten přístroj pro praktikum, jednak že se žáci na něm cvičí v jemnější manipulaci, jednak že poznávají z grafického znázornění, jak se měřená síla liší od předpokládaného zákona nepřímé úměrnosti čtverečné, po případě vyšetřují formuli, již pozorování nejspíše vyhovují. Při školním výkladu je lépe použití delších tyčových magnetů, z nichž se jeden položí na stolní váhy, druhý je nad ním posunutelný, za oběma póly je svislé měřítko cm. Pokus je z dále dobře viditelný a operuje se tu s gramovými závažími. Čtverečná nepřímá úměrnost ovšem neplatí, ale ve vhodně volených vzdálenostech dost přibližně, po případě i lépe, než u pólových vážek.

Myšlenka autorů řečené učebnice, využití jednotek napětí a proudu jako východiska pro výklad el. statiky, byla příliš lákavá, než abych ji nechtěl zkusiti také. Sděluji, jak jsem to učinil, aby se obešly ony věcné nesnáze, o kterých jsem se zmínil na začátku, i aby výklady nepředbíhaly a nepředpokládaly poznatky teprve budoucí.

K tomu cíli vybírám tyto fyzikální poznatky jako myšlenky vůdčí.

Předně: napětí el. pole je daná a zároveň nejdůležitější veličina podmiňující el. úkazy. Normálními články stanovená míra 1 volt poskytuje reálnou představu, je snadno proveditelná a kalibrace el. skopu relativní i absolutní je také ve škole dobře možná. Definice 1 voltu z mezinárodního ampéru a ohmu $E = I \cdot R$ předbíhala by školním výkladům.

Za druhé: zkusná kulička přenáší se zdrojů stálého napětí vždy totéž el. množství, vhodné ve škole i pro pokusy kvantitativní.

Za třetí: malý vodič s el. množstvím Q podléhá v homogenním poli intenzity \mathcal{E} ponderomotorické síle, která je úměrná součinu $Q \cdot \mathcal{E}$ a pohybem jeho v poli se koná práce úměrná součinu $Q \cdot E$. Z toho se definuje jednička pro el. množství 1 coulomb, je-li vykonaná práce 1 joule a napětí 1 volt. Tím se docíluje, že se elektrina na vodičích sedící, statická, měří také účinky statickými. Pokusný nepřímý doklad uvedeného zákona je výpočet a skutečné měření přitažlivé síly obou desek rovinného kondensátoru. Aplikací téhož zákona na dva bodové náboje objasní se souvislost coulombu a absol. jedničky el. statické.

Za čtvrté: el. proud vznikající při zániku pole el. statického není úkaz jednoduchý a odkazuje se do el. dynamiky, kam vlastně patří, a zjišťuje se tam pokusně hned na začátku.

Postup výkladu celé el. statiky jest takovýto:

Základní úkazy. El. stav, vedení, dvojí elektřina, el. skop, elektřina na povrchu, indukce, ssání hrotů. Domněnka fluidová a elektronová. El. zdroje.

El. pole. Siločáry, napětí 1 volt, el. metr.

Intensita pole $\mathfrak{E} = \Delta E / \Delta l$ a obráceně $E = \Sigma \mathfrak{E} \cdot \Delta l$.

Coulombova věta pokusně na rozkladném kondensátoru $Q = k S \cdot E / l$, $\sigma = k \cdot \mathfrak{E}$.

Hustota silokřivek $\vartheta = \sigma = k\mathfrak{E}$, výklad indukce, intensita pole desky $\mathfrak{E} = Q / 2kS$ a kulového vodiče $\mathfrak{E} = Q / 4\pi kr^2$.

Kapacita. $C = Q / E$. Kapacita koule $C = 4\pi kR$ z napětí $E = Q / 4\pi kR$, intensita pole těsně u koule $\mathfrak{E} = E / R$, sršení z hrotů. Kapacita deskového kondensátoru $C = kS / l$. Dielektrikum, tvary kondensátorů, baterie.

Ponderomotorické síly v el. poli.

1. Síla působící na náboj Q v el. poli homogenním $f = c \cdot Q \cdot \mathfrak{E}$, práce $f \cdot l = L = cQ \cdot E$, definice 1 coulombu pro $c = 1$, $L = 1$ joule, $E = 1$ volt. Jednička kapacity 1 farad.

2. Přitažlivá síla dvou desek kondensátoru $f = \frac{1}{2}QE/l$ a energie kondensátoru L joulů = $\frac{1}{2}QE$ voltcoulombů.

3. Číselné určení konstanty k z rovnice pro deskový kondensátor $f = kSE^2/2l^2$, pokusné určení síly f u deskového kondensátoru jako doklad. Vliv dielektrika.

4. Přitažlivá síla dvou bodových nábojů $f = Q_1 \cdot Q_2 / 4\pi r^2 k$, zákon Coulombův, definice el. statické jednotky náboje, souvislost 1 coulomb = $3 \cdot 10^9$ abs. j. Potenciál a kapacita v absol. soustavě.

Dodatky. Kalibrace el. metru a jiná měření laboratorní. Příklady. Akumulační elektriky. Historické poznámky.

Vedle všech přístrojů obvyklých v el. statice užívám lampového eliminátoru jako el. zdroje stálého napětí. Má potenciometr s několika vývody a maximální napětí 450 voltů, měřeno el. staticky. Hodí se znamenitě pro jemnější pozlátkový el. skop, pro pokus s el. metrem Thomsonovým (i bez ochranného prstenu je výsledek improvizovaného pokusu pro školu dobrý a postačitel-
ný), mimo to se osvědčuje v praxi pro práce el. statické, je bezpečný a pohodlný, dále se užívá jako anodový zdroj pro školní rozkladný radioaparát, pak pro měkké katodové paprsky a jinde. Potom mám sestaveno přenosné, příruční projekční zařízené pozlátkového jednobodového el. skopu. Promítá se před

žáky z experimentálního stolu na vzdálenost 2 m při zastřené nejblíže okně. K el. skopu patří jeden menší a jeden větší dutý kulový vodič s otvorem, dále rovná kruhová deska, nad níž se pohybuje druhá deska, která je na děleném stojaně a tvoří tak s první deskou rozkladný kondensátor. Druhý pár desek je plošně čtyřikrát větší.

Netroufám si tvrdit, má-li celý naznačený postup výkladu nějakou výhodu proti obvyklému a jednoduchému způsobu dosavadnímu, ani sám pro sebe ho nepokládám za definitivní, lituji pouze, že jsem už na odchodu a nebudu moci tento nový postup vyzkoušet v další praxi.

Je s podivem, že se neobjevila kritika ani jedné ze tří nových učebnic fyziky (vyjma Wangler I.), jako by odborníci podceňovali tuto velkou, nesnadnou a zodpovědnou činnost spisovatelskou. Aspoň recensenti by měli vystoupit ze své rezervy, když nyní jsou učebnice delší dobu zavedeny a odpadají konkurenční obavy autorů.

Katodový oscilograf v akustice.

Josef Zahradníček, Brno.

V předešlém ročníku Časopisu (66, D 285) pojednal J. Šafránek o některých elektrických pokusech s katodovým oscilografem. V následujících řádcích chci promluvit o použití katodového oscilografu v akustice. Hned na počátku podotýkám, že všechny pokusy, obvykle v akustice konávané, je možno provést oscilografem katodovým a že je možno provést i mnohé pokusy jiné, které dosavadními prostředky nebylo možno konati, anebo bylo nutno použití experimentálních pomůcek příliš složitých a nákladných. V katodovém oscilografu má fyzika jeden z nejvděčnějších přístrojů, kterých je možno všestranně použít všude tam, kde jde o studium kmitů elektromagnetických nebo mechanických. Mám při tom na mysli úplný přístroj, t. j. katodový oscilograf obsahující Braunovu trubici se žhoucí katodou s příslušnými zesilovači a s generátorem kmitů pilovitých, ať už je to americký přístroj Du Montův (obr. 1), nebo přístroj Philipsův, Leyboldův, fy AEG anebo jiných značek.

Přístroj je zapjat na zdroj městského proudu střídavého 110 V, čímž jest obstaráno žhavení katody a anodové napětí pro Braunovu trubici, příslušná napětí pro zesilovače a pro rázový generátor. Na vstupní svorky přístroje připojíme zdroj střídavého napětí z okruhu mikrofónu, zachycujícího akustické kmity. Střídavé