

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Boleslav Vávra

Nové pokusy z elementární elektrostatiky

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 57 (1928), No. 1, D1--D6

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122036>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1928

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>

PŘÍLOHA DIDAKTICKO-METODICKÁ.

Ročník III. (1927/28).

Číslo 1.

BOLESLAV VÁVRA:

Nové pokusy z elementární elektrostatiky.

Pokusy elektrostatické mnohdy se nedaří; někdy ani zvláštní opatření, jež jsem zkusil, jako zahřívání věcí k pokusům potřebných na drátech proudem protékajících, nebyla mnoho platná za počasí mlhavého, které v našem městě (Č. Budějovicích) bývá na denním pořádku. Mimo to pod naší školou hned pod okny fyzikálního kabinetu jest jez, který stále rozprašuje vodní kapičky. Hledal jsem tedy cestu, jak bych se stal nezávislým na počasí.

Dostala se mi do ruky hračka, kterou výrobci nazvali hrdopušným slovem Radiolette = Radio-Roulette. Je to krabička vylepená staniolem a zakrytá průhlednou deskou celuloidu; na dně krabičky jest nakreslena ruleta s čísly. Uvnitř jest šíp z aluminia opatřený křídly z papíru. Třeme-li prsty krycí desku celuloidovou, šíp se postaví, zatančí po ruletě a klesne na nějaké pole. Herní plán nás ovšem nezajímá.

Vida nesporně dobré elektrické vlastnosti celuloidu, opatřil jsem si u papírníka a v továrně na podpatky celuloidové desky rozměrů 14×23 cm o tloušťce 0,1, 0,3, 0,5, 0,6 mm. Silnější desky jsem dostal v technickém závodě, který je má na skladě pro »zasklívání« zinných krytů otevřených karoserií automobilových. V normálním obchodě dostaneme vždy jen celuloid hořlavý; po dlouhých nesnázích podařilo se mi dostat i desky nehořlavého celuloidu, který mi opatřila firma Zahradníková (Ječná 13). Celuloid nehořlavý je dosti drahý.

Položíme-li celuloidovou desku na nenatřený stůl a třeme ji suchou rukou, stává se elektrickou. Pokusy tyto daří se za každého počasí. Třeme-li obyčejný hořlavý celuloid, stává se záporně elektrickým, nehořlavý kladně. Tyto dva druhy celuloidu můžeme snadno rozeznati pouhým pohledem: celuloid hořlavý jest v procházejícím světle špinavě hnědý, kdežto celuloid nehořlavý jest modravěšedý. Když celuloidovou desku položenou na nenatřený stůl třeme suchou rukou, slyšíme praskot. Celuloid přilne po celé ploše k desce stolní. Pokusíme-li se odtrhnouti celuloid od desky stolní, slyšíme šumění nezvyklých zvuků. Pokusíme-li se o to v zatemněné místnosti, vidíme dlouhé svity, které srší mezi deskou stolní a celuloidem. Přiblížíme-li tuto celuloidovou desku k spánkům, cítíme, jak vlasy se ježí; pocit jest podobný pocitu, jaký máme při vanutí větru. Když v zatemněné místnosti třeme celuloidovou desku

na nenatřeném stole, potom odtrhneme a zdvihneme třeba levou rukou a dotýkáme se konečky prstů pravé ruky celuloidu — lhostejno, po které straně — vidíme velmi jasné zásvity mezi prsty a celuloidem. Tyto zjevy světelné zdařily se nám v učebně při 60% vlhkosti za deště při 7° C venkovské a 18° C vnitřní teploty zcela dobře.

Připomínám předem, že pokusy nedaří se na stole pokrytém nátěrem. Za to daří se pokusy velmi dobře, položíme-li celuloid při tření na kovovou podložku, třeba na olověný plech, kterého se používá k ochraně desky stolní. Velmi dobře se zde osvědčí kus lepenky, dosti silné, polepený velkým archem staniolu.

Přiblížíme-li třený celuloid k nastříhaným papírkům, přiletují i z velké dálky, avšak neodletují dotknuvše se celuloidu a zachytí se na něm. Jest tedy lépe použití bezové duše. Používám bezové duše velkého průměru 11 mm, kterou mám v zásobě v tyčkách až 15 cm dlouhých. Celá taková tyčka přiskočí k celuloidu, chytne se a valí se po něm. Nejlépe jest nařezati přímo před žáky válečky o výšce 1 cm. Tyto válečky přiskakují a odskakují od celuloidu velmi bystře. Velmi pěkně ukážeme věc tak, že několik takových váleček dáme do nízké krabice vylepené staniolem a potom krabici přikryjeme třenou celuloidovou deskou; máme »elektrické kroupobití« i bez použití elektriky. Výhoda, při tom jest, že celuloid jest průhledný.

Výhodné jest, máme-li k dispozici dlouhý pás tenkého celuloidu. Třeme-li jej na nerovném plechu v zatemněné místnosti, vidíme modravé svity pod ním, mezi ním a plechem. O jiných zjevech světelných zmíním se později.

Pro pokusy jest dobře zhotoviti si elektroskop z celuloidu takto: Z celuloidu 0.1 mm silného ustříhneme pásek 23 cm dlouhý a 3 cm široký, který rozřízneme podélným řezem po celé délce až na 4 cm, aby pásek zůstal souvislý. Potom pásek na souvislém konci přehneme a navlékneme na silný mosazný drát; přes něj navlékneme úzký pásek mosazného plechu. Kraje tohoto plechu stiskneme plochými kleštěmi, aby tak pásek visel na drátě. Konce drátu ohneme tak, aby celý improvizovaný elektroskop bylo možno pověsiti na řetízek visící se stropu nebo na háček na vodorovné lati Strouhalaova stativu. Toto jednoduché zařízení viděl jsem nedávno v jednom ilustrovaném časopise, v němž pisatel navrhoval použití starých filmů. (Se starými filmy se mi pokus nepodařil.) Přejedeme-li prsty proužky tohoto elektroskopu — nejlépe jest vzíti elektroskop mezi ukazováček a prostřední prst —, proužky se rozestoupí. Na rozdíl od obyčejného elektroskopu nejsou proužky na sobě, nýbrž vedle sebe; kdyby totiž byly na sobě, přilnuly by k sobě. Nejlépe jest opatřiti drát tohoto improvizovaného elektroskopu karabinkou, pomocí které můžeme snadno elektroskop pověsiti na očko řetízku. Před pokusem můžeme jej sejmouti, položit na plech, přetřít ru-

kou a opět pověsiti. Rozestupující se proužky tohoto elektroskopu jsou nabitý zápornou elektřinou, jestliže jsme užili hořlavého celuloidu. To snadno poznáme obyčejnou skleněnou tyčí nebo tyčí ebonitovou.

S tímto elektroskopem lze provést tyto pokusy. Třeme celuloid hořlavý a přiblížíme se jím se strany k elektroskopu. Je-li elektroskop »nabit«, oba proužky elektroskopu se odpuzují a zakříví se. Vsuneme-li hořlavý celuloid mezi proužky elektroskopu, vychýlí se až o 80° od původní polohy. Potom přiblížíme se celuloidem nehořlavým a lístky elektroskopu se přitahují. Přitahují se ovšem i k ruce (na to se musí pozor dáti při pokusech) a ke každému tělesu neelektrickému.

Zelektrovaný celuloid zdvihá se stolu celé archy tak zvaného hedvábného papíru i aršíky staniolu. Úzký pásek hedvábného papíru šplhá po proužku elektroskopu do výše.

Vezmeme-li tak zvaný elektrický chvost, jaký bývá u každé elektřiky influenční, rozježí se papírové proužky na všechny strany.

Mechanické účinky se dají demonstrovati velmi dobře na úzkém a dlouhém proužku tenoučké barevné želatiny, který ustříhneme po délce celého archu. Tyto archy prodávají u papírníků ve všech barvách a v každé síle; volíme tak jemnou, aby se nám ústřížek položený na ruku zavíjel teplem ruky. Proužek budiž 30—40 cm dlouhý a jen $\frac{1}{2}$ —1 cm široký. Na konci jej můžeme rozstříhnouti ve dva nebo tři jazyky po délce 10 cm. Proužek tento upevníme na drát způsobem popsáným nahoře u elektroskopu celuloidového a pověsíme na řetízek. Poněvadž jest proužek ohebný, přitahuje se k zelektrované desce celuloidové a kříví se, a to zvláště v tom případě, když držíme desku stranou dosti vysoko. Položíme-li takto upravený proužek želatinový na stůl a podržíme-li zelektrovanou celuloidovou desku nad ním, zdvihá se proužek se stolu jako had a jeho horní konec se zachvívá; druhý jeho konec jest drátem zatěžkáván a držen při stole.

Jinak lze ukázati mechanické účinky na vahách. Přiblížíme-li zelektrovanou celuloidovou desku pod jednu miskou vah, přitahuje se tato miska a rovnováha se poruší. Aby účinek byl frapantnější, můžeme na druhou miskou položit závaží, na př. 5 gramů, z jehož velikosti lze si učiniti představu o mohutnosti přitažlivé síly, jež se tu jeví. — Jisté překvapení může způsobiti i tento pokus. Na stůl postavíme obyčejné váhy dopisní a přiblížíme k hornímu jejich kotouči zelektrovanou desku celuloidovou. Kotouč se přitáhne a váhy začnou kývat. Sledujeme-li jejich kyvy deskou, můžeme je rozkývat velmi značně.

Zajímavé jest, že nejlépe se daří pokusy, třeme-li celuloid suchou rukou. Zkusil jsem třítí vlnou, koží, srstí, kartáčem, ale nedosáhl jsem takového účinku. Nejlépe se mi osvědčilo obaliti ruku archem staniolu.

Zjevy jsou skutečně efektní, svítí-li na stůl slunce. Celuloid možno ohřátí na velké žárovce 100 W.

Veškeré pokusy v elementární elektrostatice obvykle prováděné můžeme provést velmi názorně pomocí celuloidu. Z vodovodního kohoutu odvedeme vodu gumovou hadicí do značné výše nad stůl a zařídíme přítok vody tak, aby úzkým otvorem skleněné trubky do konce hadice vsazené vytékal slabý paprsek vodní malou rychlostí do podložené vaničky. Vystoupíme-li na židli a přiblížíme se zelektrovaným celuloidem k paprsku vodnímu u jeho kořene, paprsek se přitáhne a rozlítne ve vějíř. Paprsek může vytékat vertikálně nebo šikmo. Celuloid rukou třený rozezvučí zcela dobře tak zvané elektrické zvonění, jaké bývá přidáváno k elektrice influenční. Stačí zvonění postavit na stůl a dotknouti se celuloidem horního nástavce. Nejde-li to dobře, stačí podložit jednu nožku podstavce, aby přístroj nestál vertikálně; tím se zmenší vzdálenost některé paličky od zvonečku. — Zavěsíme-li na izolovaný stojánek jeden váleček z bezové duše na nit čistě hedvábnou a druhý na bavlněnou, přitáhnou se sice oba, avšak první se potom trvale odpuzuje, kdežto druhý se trvale přitahuje. Tak se dá různou elektrickou vodivostí rozeznati nit čistě hedvábná od bavlněné. Zavěsíme-li ke stropu dlouhou nit, které dáme volně splývat dolů, prohne se, přiblížíme-li se celuloidem k niti dosti daleko od dolního konce. I řetěz se stropu visící možno prohnouti tímto způsobem. Na řetěz můžeme potom pověsiti miskou se závažím. Přiblížíme-li se k ní celuloidem, přitáhne se a tak můžeme celé toto kyvadlo rozkývati. — Překvapující jest účinek, nahradíme-li ebonitovou desku elektroforu celuloidem; potom možno dostati způsobem u elektroforu obvyklým jiskry neobvykle silné. Nejlépe jest však položit velkou desku celuloidovou na plech; potom vezmeme kovový kotouč elektroforu a, držíce jej pravou rukou za ebonitové držadlo a dotýkajíc se jedním prstem pravé ruky kotouče, třepe přímo kotoučem energicky celuloidovou desku. Když přestaneme třítí, levou rukou kotouč zdvihneme za koneček držadla (jinak přeskočí jiskra do levé ruky a pokus se nezdaří) a přiblížíme se pravou rukou ke kotouči; obdržíme mocnou jiskru.

Všecky pokusy v knihách učebních popisované možno pomocí celuloidu provést daleko lépe než dosud pomocí tyče skleněné a ebonitové, tuze tradičních prostředků elementární elektrostatiky. V některých případech jest nejlépe půjčiti desky celuloidu a plechovou nebo staniolovou podložku přímo žákům do lavic (na lavicích samotných by se jim pokus nezdařil) a tak dáti provést pokusy jednotlivcům. Na těchto »aparátech« věru nelze nic pokazit. Námítka, že by to způsobilo neklid, je nicotná; to jest věcí profesora a interese žáků.

Avšak nejkrásnější pokusy, které lze s celuloidem provést, jsou zjevy světelné, které jsou překvapující i pro fysika.

Místnost zatemníme a osvětlíme slabou zastíněnou stolní elektrickou lampou umístěnou na dosah ruky experimentátora. Potom pozveme žáky ke stolu. K lampě položíme si vše, co budeme potřebovat k pokusům; několik Geisslerových trubic, doutnavou žárovku, obyčejnou žárovku a větší žárovku plněnou plynem netečným. Položíme celuloid na plech a třeme. Potom vezmeme Geisslerovu trubici do pravé ruky, dotýkající se ukazováčkem jedné elektrody a nařídíme shasnutí světlo. Potom odtrhneme levou rukou celuloid od plechu a zdvihne. Když se celuloidu dotkneme druhou elektrodou trubice, celá trubice zasvítí. Pohybujeme-li elektrodou po celé ploše celuloidu, svítí nám trubice i několik vteřin. Zrovna tak provedeme pokus s žárovkou neonovou, držíce ji za závit a dotýkající se sklem žárovky celuloidu; žárovka zasvítí žlutavě. Jinak možno s touto žárovkou provést pokus takto: desku celuloidovou položíme si na levou ruku, žárovku vezmeme do pravé ruky a ve tmě třeme žárovku celuloidem, nebo žárovkou smýkáme po desce. (Tato žárovka ovšem svítí i tenkrát, když ji třeme jen o rukáv.) Zcela tak, jako dříve, provedeme pokusy s ostatními žárovkami, držíce je jednou za závit a dotýkající se celuloidu sklem žárovky, po druhé za sklo a dotýkající se celuloidu závitem.

Jinak — a to velmi půvabně — podaří se nám pokus bez obav, že něco ve tmě rozbijeme, s trubicí Geisslerovou takto: Trubicí zavěsíme jednou elektrodou na očko drátu visícího se stropu, takže bezpečně visí dolů druhou elektrodou. Když zdola přiblížíme, trubice zasvítí; netřeba se trubice dotýkati, neboť svítí, přiblížíme-li k ní a vzdalujeme-li celuloid. Obyčejnou žárovku zašroubovati můžeme do závitu a závit pověsiti na řetízek, po druhé pak zasunouti žárovku do tak velkého kola Bunsenova stojanu, aby nepropadla, upevniti kolo na stojan a zdvihnouti do potřebné výše, tak abychom se zdola mohli přiblížiti celuloidem.

Pokusy takové lze ovšem provést s každou evakuovanou rourou. V kabinetech bývá obyčejně radiometr Crookesův. Postavme jej na plech, který se dotýká plynovodního kohoutu a přiblížíme se k němu shůry zeledrovanou deskou celuloidovou; vnitřek radiometru zasvítí siným světlem. — Takové pokusy se ovšem zařídí podle toho, co fysik právě v kabinetě má. Na žáky působí tyto pokusy mocným dojmem.

Je-li pěkné počasí, podaří se nám i pokusy choullostivější. Třetím celuloidem můžeme nabít zcela dobře leydskou láhev; několikrát se celuloidem dotkneme kuličky láhve, jejíž vnější polep spojíme s plynovodem na stole třeba tím, že ji postavíme na plech, který se plynovodu dotýká. Jiskra při vybití lahve jest zcela dobře patrná, není-li kapacita lahve příliš velká. Přiblížíme-li zeledrovaný celuloid ke kompasu na stole ležícímu, hne se zcela zřetelně jehla; do pouzdra kompasu přeskočí obyčejně jiskra. Jest ovšem dobře ukázati dříve, že se jehla ani nehne, není-li celuloid elektrický. Ko-

nečně možno udělati pokus i s telefonem. Jeden konec vedení telefonu vezmeme do ruky, v které telefon u ucha držíme, a druhý konec necháme volně viset. Celuloidem dotkneme se druhého konce vedení; uslyšíme, jak membrána zazvučí.

Elementární elektrostatika nebývá v lásce ani u profesorů, tím méně ovšem u žáků. Z interesu, s kterým tyto pokusy sledovalo moje žactvo, mohu souditi, že tyto nové zjevy přispějí k oživení a osvěžení látky na obou stupních střední školy. Věc sama jest i teoreticky zajímavá; o tom však jindy.

JAROSLAV FRIEDRICH:

O matematice výkladů fysikálních.

Při velkém významu matematiky pro fysiku i fysikální vzdělání bylo by vážnou chybou, kdyby se ve snaze po emancipaci od matematického rázu výkladů fysikálních zacházelo tak daleko, že by žáci při fysice matematických prostředků vůbec nepoznali, případně užívati jich se nenaučili. Na druhé straně však přes to, že je dnes vyučování fysikální v podstatě již svedeno z domény matematických dedukcí do správných kolejí postupu experimentálně-induktivního, zůstávají přece z jakési konservativnosti a tradice tu a tam v některých partiích stopy bývalého matematického postupu, aniž by se revidovalo, zda neb aspoň do jaké míry jest oprávněn. Je účelem těchto řádků provésti na několika takových případech rozbor v naznačeném směru a poukázati tím k řadě závad a nedostatků matematických výkladů na poli fysiky.

Při vyšetřování podmínek pro citlivost vah je fysikálním obsahem obvyklého postupu pouze základní myšlenka rovnosti momentů. Následující na to matematikou, mířící vlastně až k výpočtu úchytky, překročují se meze potřeby, zatlačuje se podstata věci, a tím se žák uvádí v nebezpečí představy, že citlivost proto roste na př. s délkou ramene, ježto tangenta roste s úhlem a hodnota zlomku s jeho čitatelem! Správná cesta fysikální zůstane při základní myšlence zápasu dvou momentů a místo závěrečného stavu rovnovážného pro určitý případ staví do popředí vědomou tendenci zvýšiti moment přivažku a zeslabiti moment protivný. Samozřejmě sleduje se při tom experimentálně vliv jednotlivých veličin krok za krokem, k čemuž místo hotových vah lépe se hodí váhy improvisované na stojanu Strouhalově (známá metrová tyč s očky, opatřená miskami a uprostřed kompletním držákem stavivu Bunsenova) neb vahadlo sestavené z meccana. Na tomto lze také s výhodou předeslati případ nerovnoramenné páky lomené, o nějž vlastně v tomto případě jde.

Rovněž při šikmém vrhu jde tradiční forma výpočtu za meze potřeby, ale nejen to — připravuje dokonce žáka o možnost vytě-