

Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky III.

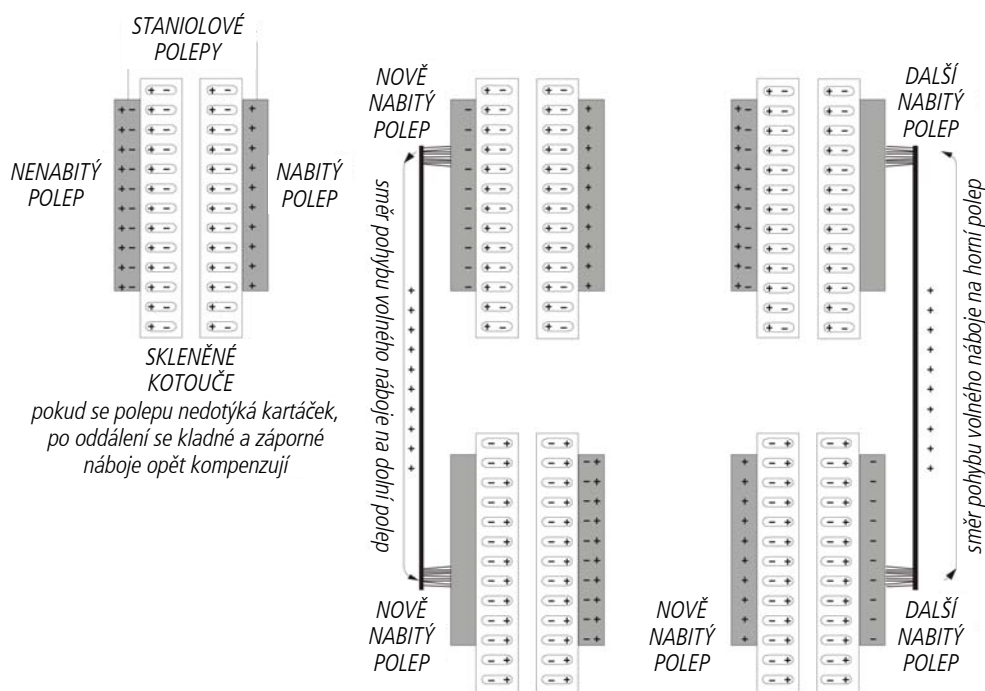
Milan Rojko¹, Gymnázium Jana Nerudy Praha

V dobách svého mládí (před dovršením šedesátky) jsem cestoval s maxikufrem pomůcek po vlastech českých, moravských a slezských a dělal chytrého před chytřejšími kantory, než jsem já. Jedna z mých produkcí pokusů byla věnována elektrostatice. Aby si účastníci nemuseli dělat poznámky a mohli se soustředit na pozorování, vyrobil jsem pro ně jakýsi scénář toho, co jsem předváděl. Množil jsem to sám na koleně a neprošlo to žádnou recenzí ani jinou korekturou. Všichni účastníci to zdarma dostávali od pořadatelů akce. Protože byla brožura jen černobílá a dostala se jen k omezenému počtu učitelů. Na podnět Školské fyziky jsem připravil verzi s některými obrázky v barvě, která v časopise postupně vychází na pokračování. Předkládaný text je třetí částí materiálu věnovaného elektrostatice.

8.3 Princip činnosti indukční elektriky

Provedení: Zelektrovanou tyčí nabijeme několik polepů indukční elektriky a ukážeme její funkci.

Úkol pro žáky: Hledat vysvětlení fungování elektriky. (Činnost indukční elektriky lze těsně svázat s fungováním elektroforu. Proto je nejvhodnější bezprostředně před diskusí o indukční elektrice znovu ukázat elektrofor a zopakovat princip jeho činnosti. Následující seriál tří obrázků 25 naznačuje řazení diskuse na toto téma.



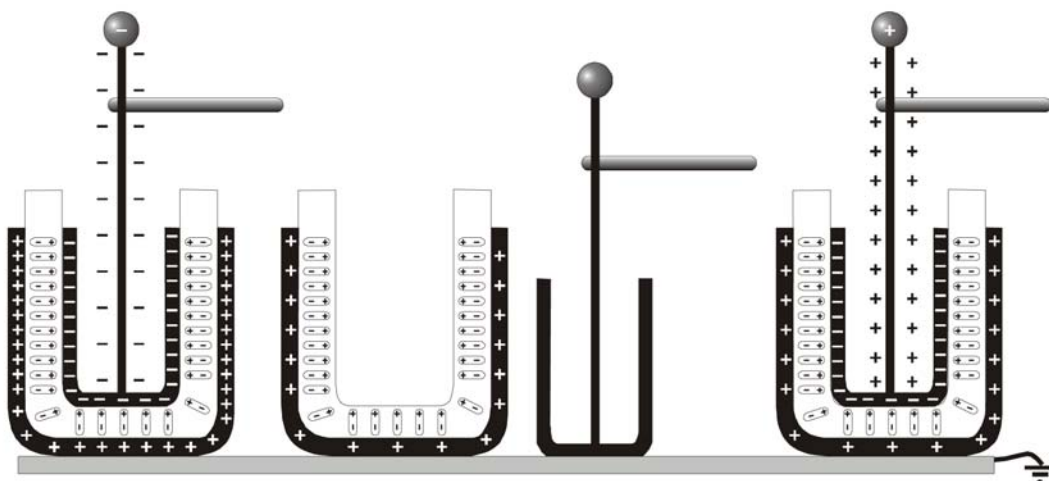
Obr. 25 – funkce indukční elektriky

8.4 Rozkladná leydenská láhev

Provedení: Rozkladnou leydenskou láhev nabijeme a dotykem elektroskopu prokážeme její náboj. Poté izolovanou rukojetí z láhve vyjmeme vnitřní konduktor, dotkneme se jím uzemnění a dotykem elektroskopu, který předtím vybijeme, ukážeme, že vnitřní vodič je skutečně nenabitý. Po zasunutí vnitřního vodiče do skleněného pouzdra a odvedení volného náboje dotykem prstu další dotyk elektroskopu vyjmutým vnitřkem láhve ukáže opětovné nabití.

¹ milan.rojko@atlas.cz

Úkol pro žáky: Vysvětlit toto překvapivé chování leydenské láhve. (Vysvětlení je opět obdobné, jako u elektroforu, jak ukazují tři fáze pokusu na obr. 26. Místo polepu odvede volný náboj náš prst.)

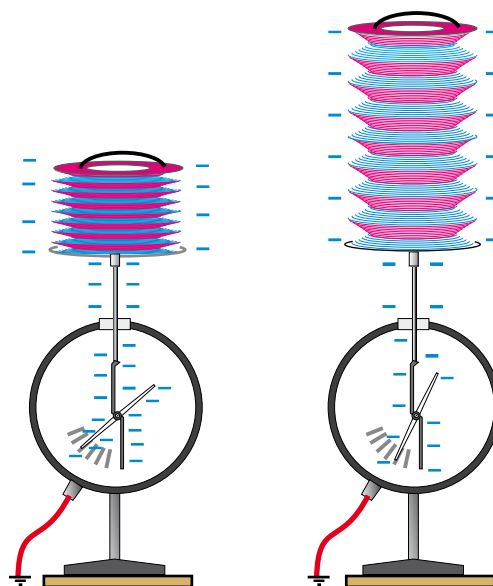


Obr. 26 – funkce rozkladné leydenské lahve

8.5 Lampionový kondenzátor

Provedení: Na tyčku elektroskopu nasadíme válcový lampion, u jehož papíru můžeme zlepšit vodivost antistatickým sprejem. Elektroskop nabijeme na větší výchylku. Když izolantem lampion roztahujeme, výchylka elektroskopu se zmenšuje. Jestliže lampion opět skládáme, výchylka roste.

Úkol pro žáky: Vysvětlit průběh jednotlivých fází pokusu. (Při nabití elektroskopu se náboj rozmístí určitým způsobem po vodičích a lampionu a odpuzivé síly mezi tyčkou a ručkou nebo staniolovým proužkem signalizují nabití. Jestliže lampion roztahujeme, přechází na jeho povrch část nábojů, které byly na spodním „měřicím systému“. Výchylka se zmenší. Při skládání lampionu zvýšení hustoty nábojů a zvětšení jejich potenciální energie na povrchu stlačí náboj opět dolů na měřicí systém.)



Obr. 27 – lampionový kondenzátor

8.6 Deskový kondenzátor

Provedení: Na tyčku elektroskopu nasadíme deskový konduktor a elektroskop nabijeme na velkou výchylku. Položíme-li na desku slídovou nebo skleněnou desku, výchylka se zmenší. Dobijeme elektroskop opět na velkou výchylku a přibližujeme shora uzemněnou druhou vodivou desku. Výchylka opět klesá.

Úkol pro žáky: Vysvětlit průběh jednotlivých fází pokusu. (Při nabití elektroskopu se náboj rozmístí určitým způsobem po vnitřních vodičích a odpuzivé síly mezi tyčkou a ručkou nebo staniolovým proužkem signalizují nabití. Jestliže na destičku přiložíme izolant – skleněnou nebo slídovou desku – zpolarizuje se a pole u spodní stěny stáhne část nábojů, které byly na spodním „měřicím systému“. Výchylka se zmenší.

Přibližování druhé, uzemněné vodivé desky zvýší stupeň polarizace a tím další odliv náboje z měřicího systému. Tak lze na elektroskop přenést větší náboj, který je stěsnán – kondenzován – na deskách.

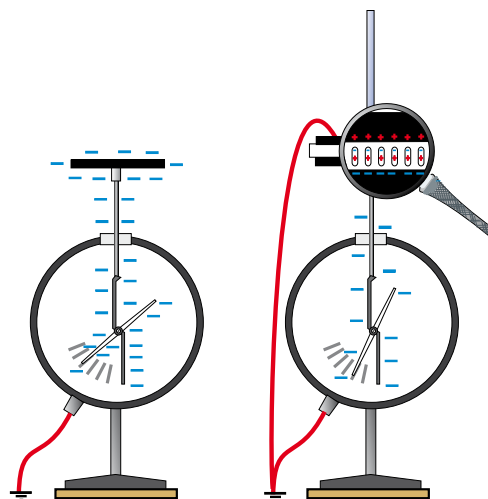
Poznámka: Slova o stěsnání – kondenzování náboje na deskách a ředění náboje na měřicím systému při diskusi často používáme, aby název kondenzátor raději navrhli žáci sami. Výstižná označení jako např. jímka na elektřinu, nádoba na elektrický náboj apod., která žáci mohou navrhnout alternativně, v diskusi oceníme.



Obr. 29 – dotyk zářivkou

Přesněji, pro žáky základních škol ale nepřiměřeně, lze výklad pokusů 8.5 a 8.6 popsat pomocí elektrické potenciální energie vztažené na jednotkové náboje na jednotlivých částech vodiče (elektrický potenciál). Ten se vždy na celém povrchu vodiče ustálí na stejné hodnotě. Elektroskop tedy ukazuje potenciál, který je na něm (daný nábojem lokalizovaným na měřicím systému), nikoli celý náboj na elektroskopu. Ten může být převážně nahuštěn – kondenzován – mimo měřicí systém, např. na deskách kondenzátoru, na povrchu lampiónu a podobně.

Přítomnost „elektriny“ v kondenzátoru, resp. na nabitém tělese o větší velikosti (a tím i větší kapacitě), můžeme ukázat zářivkou, která při dotyku blikne.



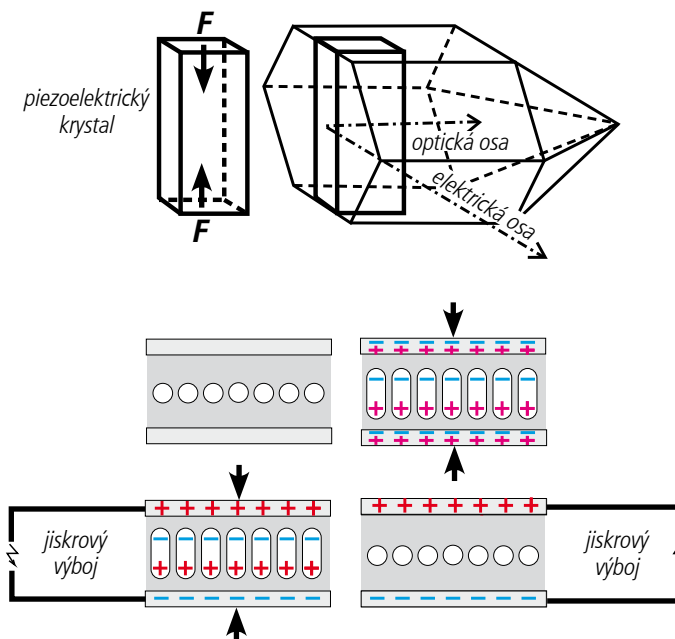
Obr. 28 – deskový kondenzátor

9 DALŠÍ EXPERIMENTY

9.1 Piezoelektrický zapalovač

Provedení: Ukážeme funkci piezoelektrického zapalovače plynu a diskutujeme se žáky princip jeho funkce. Protože se jedná pro ně o zcela nový fyzikální jev, musíme žákům některé podstatné informace sdělit.

Model na obr. 30 schematicky popisuje způsob, jak vzniká deformací piezoelektrického krystalu napětí na jeho protějších stěnách. Krystal, který je v nedeformovaném stavu nepolarizovaný (nebo má jistou počáteční chaotickou polarizaci), se vlivem působících sil silně polarizuje, takže se na jeho protějších plochách vytvoří opačné náboje. Ty nejsou ale volně pohyblivé, jsou svázané s krystalem. Proto jsou na stěnách krystalu kovové polepy,



Obr. 30 – princip činnosti piezoelektrického zapalovače

nebo napařený kovový povlak. V polepech se elektrostatickou indukcí oddělí kladné a záporné náboje. Z nich jeden je vždy vázaný opačným nábojem na ploše krystalu, druhý je naopak volný. Volné náboje (na obrázku na horním polepu záporné a na dolním polepu kladné) se mohou při dostatečně vysokém napětí jiskrou vybit, a právě v tom spočívá funkce zapalovače plynu. Jestliže po vybití stlačený krystal uvolníme, krystal se depolarizuje a uvolněné náboje na polepech lze opět využít. Polarita elektrod je teď ovšem opačná než při stlačování.

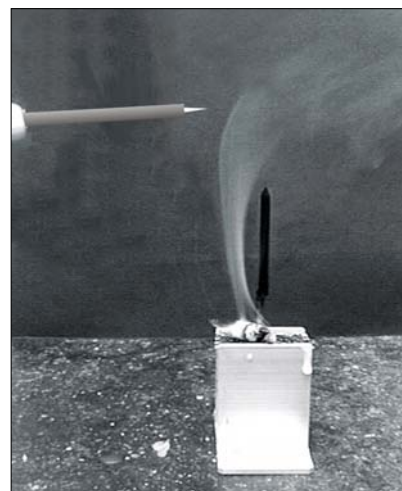
Upravený piezoelektrický zapalovač může být použitý k nabíjení jiných objektů při fyzikálních pokusech. Úprava spočívá v odstranění jiskřiště odehnutím hrotu a prodloužením střední elektrody plastovým nástavcem s kovovým jádrem, mimo dosah kovového pláště, který je druhou elektrodou. Na centrální elektrodu se nasazují nástavce s velkou nebo malou koulí, s hrotem nebo se zdírkou. Na vnější elektrodu se navléká kroužek se zemním prstýnkem na prst.



Obr. 31 – piezoelektrická souprava

Souprava pro experimenty s upraveným piezoelektrickým zapalovačem navržená a zhotovená Mgr. Břetislavem Patčem ze ZŠ Brandýs nad Labem je na obr. 31.

Na obr. 32 je fotografie experimentu 7.2 (elektrický vítr) prováděného s piezoelektrickým zdrojem. Protože náboj na polepech zapalovače je relativně malý, je třeba místo plamene svíčky použít citlivější proužek cigaretového dýmu.



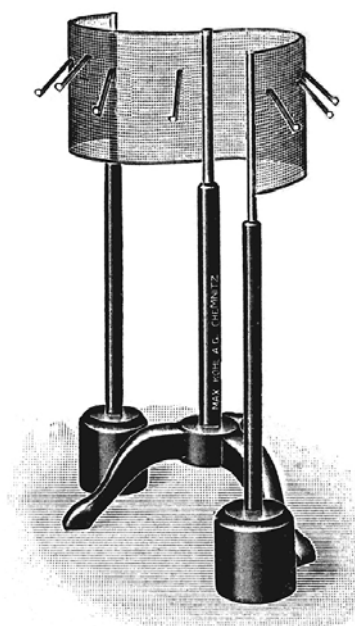
Obr. 32 – elektrický „vítr“ z piezoelektrického zdroje

Otázky pro žáky: Jaký účinek na kovové polepy má polarizace krystalu vyvolaná vnějším tlakem? Které z indukovaných nábojů jsou na polepech volné a které vázané? Jaký vliv na vázané náboje, které zůstanou na polepech po vybití, má uvolnění tlaku na krystal a ztráta jeho polarizace (depolarizace)? (Opačnou polaritu na centrální elektrodě při stlačení a uvolnění tlaku ukážeme nabitím plechovky se staniolovými lístky a indikátorem polarity nebo plechovkou se staniolovým páskem nabitou tyčí.)

9.2 Rozložení náboje na zakřivené ploše

Provedení: Zakřivenou plechovou desku nebo jemnou kovovou síťku opatříme elektrickými kyvadélky a nabijeme ji. Elektrická kyvadélka se v okolí částí ploch rozdílného zakřivení různě vychýlí. Minimální jsou výchylky v konkávních oblastech, největší v konvexních – vypuklých oblastech s větším zakřivením.

Otázka pro žáky: Je na celém plechu náboj rozmístěn rovnoměrně? Ve kterých částech jsou náboje víc stěsnány a kde je obráceně jejich hustota nejmenší? (Hustota náboje roste s křivostí vypuklé plochy. Sršení z hrotu již vlastně na tuto skutečnost ukazovalo – hrot je plocha s vysokým zakřivením, tj. s malým poloměrem křivosti.)



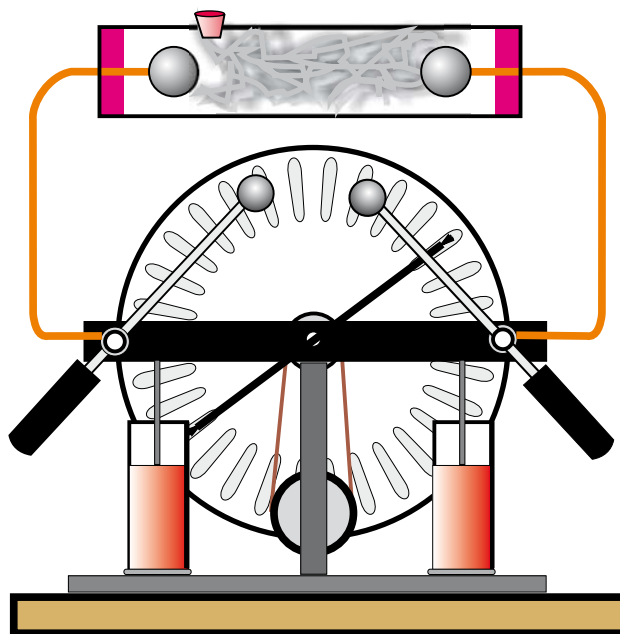
Obr. 33 – rozložení náboje na zakřivené ploše

Poznámka: Po pokusu setřeme povrch konduktorů ve válci papírovým kapesníčkem a ukážeme žákům, čím si kuřáci impregnují své plíce.

9.3 Princip elektrostatičkého odlučovače

Provedení: Do skleněného válce (lze použít i plastovou láhev od limonády) vložíme dvojici elektrod, které připojíme ke konduktorům elektriky nebo vysoko-
napětovému zdroji. Válec naplníme cigaretovým dýmem, uzavřeme a elektrody nabíjeme. Dým ve válci začne vířit a za okamžik se ztratí (usadí se na stěnách a elektrodách).

Otázka pro žáky: Jakým způsobem se kouř ztrácí? (Ionty, vytvářené z molekul vzduchu vlivem vysokého napětí, se zachycují na částicích kouře, které se tím nabíjejí a jsou elektrickým polem strhávány k elektrodám. Podobně pracují průmyslově používané odlučovače popílku v uhlých elektrárnách.)



Obr. 34 – princip elektrostatičkého odlučovače popílku

Několik praktických rad na závěr

Fakt, že nezdarý pokusů z elektrostatičké způsobilé vlhký vzduch, patří dnes už k lidovým moudrostem. Ve skutečnosti je hlavní příčinou neúspěchů vodivý povrch izolantů u elektrostatičkých přístrojů a pomůcek, na jejichž povrchu kondenzuje vodní pára ze vzduchu. K tomu dochází už tím, že chladnější pomůcky přeneseme z kabinetu do třídy se žáky. Jde o stejný efekt, se kterým se všichni, kdo nosíme brýle, setkáváme v zimě, když přijdeme zvenku do teplé místnosti. Řešení je jednoduché. Pomůcky musí mít ve třídě pokud možno teplotu vyšší, než je teplota vzduchu. To docílíme postavením pomůcek k tepelnému zdroji, ale nejlepší řešení je nechat je při demonstracích stále ozařovat infrazářičem, nebo aspoň stolní lampou se silnou žárovkou (200 W).

Druhou podmínkou úspěšné demonstrace je maximální čistota přístrojů a pomůcek. Skladujeme je proto ve vhodných pouzdech (igelitové sáčky a tašky). Do těchto pouzder pomůcky ukládáme ihned po vyučovací hodině.

Jako izolanty jsou nejvhodnější porcelánové a skleněné nádoby. Polystyren, který se k tomuto účelu někdy používá, se často nabíjí a jeho náboj výsledky některých pokusů nežádoucím způsobem ovlivňuje. Dodržíte-li uvedené dvě základní rady, nebudete mít s experimenty z elektrostatičké problémy.

Použitá literatura

- [1] HEROLT E. *Pokusy z fyziky*. ČGU Praha 1947
- [2] FUKA J. *Pokusy z fyziky jednoduchými prostředky*. Praha: SPN, 1954
- [3] HLAVIČKA A. *Pokusy z elektřiny I*. Praha: SPN, 1955
- [4] MAZAČ J. – HLAVIČKA A. *Praktikum školních pokusů z fyziky*. Praha: SPN, 1965
- [5] PATČ B. Netradiční pokusy z elektrostatiky. In *Veletrh nápadů učitelů 4*. Plzeň: ZČU v Plzni, 1999
- [6] KOHL N. *Physikalische Apparate – Preiseliste No. 50*. Chemnitz, 1911
- [7] ERNECKE F. *Physikalische Apparate – Preiseliste No. 18*. Berlin, 1885