

Několik experimentů ze semináře „Elektřina a magnetismus krok za krokem“

*VĚRA KOUDELKOVÁ, LEOŠ DVOŘÁK, IRENA DVOŘÁKOVÁ
KDF MFF UK Praha*

Abstrakt

Príspevek popisuje čtyři experimenty (tři z elektrostatiky a jeden z elektromagnetismu) ze semináře pro posluchače prvního ročníku učitelství fyziky. Experiment s názvem „Kutálení plechovky“ popisuje měření přitažlivé síly mezi plechovkou a brčkem, jeho variantou je experiment „Přítahování padesátáčníku“. Třetí experiment z elektrostatiky ukazuje netradiční možnost nabíjení plechovky. Příspěvek je doplněn experimentem ukazujícím možnost využití indikátoru napětí vyrobeného z LED diod.

Úvod

Seminář „*Elektřina a magnetismus krok za krokem*“ vznikl pro posluchače učitelství fyziky na MFF UK před několika lety po zkušenosti, že studenti sice mají vysokoškolské znalosti z elektřiny a magnetismu, ale z nižších stupňů škol často nemají upevněné základní představy.

Cílem semináře je:

- Na základě jednoduchých experimentů upevnit základní představy z elektrostatiky, elektrických obvodů a elektromagnetismu.
- Propojit základní představy s vysokoškolskými znalostmi

Metodika semináře vychází z metodiky projektu Heuréka [1].

Následující text popisuje některé experimenty používané v tomto semináři.

Kutálení plechovky

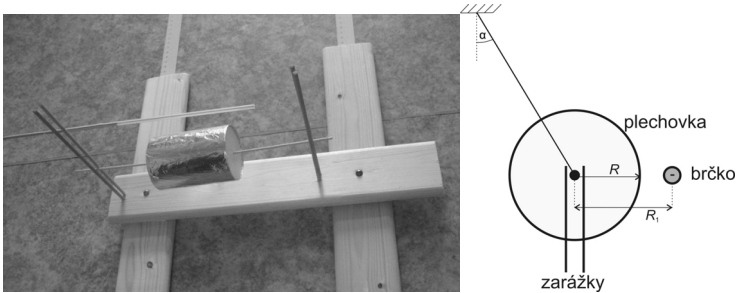
Motivací pro následující pokus bylo video na Youtube ([2], přibližně od druhé minuty), ukazující, jak je plechovka od nápoje přitahována k nabitě tyčce a kutálena tak po stole.

Pro vysokoškolské i pro středoškolské studenty může být zajímavým úkolem odhadnout a případně změřit, jak velká síla mezi brčkem a plechovkou působí.

Způsob měření

Uspořádání experimentu je vidět z obrázku 1. Plechovku jsme z důvodu co nejmenší hmotnosti nahradili papírovou trubičkou olepenou alobalem. Tato „plechovka“ je pověšena na dvou tenkých vláčkách délky přibližně 2 m. Plechovku vychýlíme ze svislého směru, její pohyb přitom vymezují zářáčky ze špejlí, takže plechovka se nemůže ani vrátit do nejnižší polohy ani zcela přiskočit k tyčce (brčce), která ji přitahu-

je. Pokud k plechovce přiblížíme nabitě brčko, plechovka se přitáhne a pro jistou vzdálenost brčka nastane rovnováha sil – elektrostatické síly mezi brčkem a plechovkou a průmětu tíhové síly.



Obr. 1: Fotografie a schéma měřící aparatury

Teoretický odhad

Pro nekonečně dlouhou plechovku a brčko lze pro sílu na jednotku délky odvodit vztah:

$$\frac{F}{L} = \frac{\tau^2}{4\pi\epsilon_0(R_1 - R)} \cdot \frac{2}{\left(\frac{R_1}{R}\right)\left(1 + \frac{R_1}{R}\right)}, \quad (1)$$

kde F je elektrostatická síla působící na délce L , τ je délková hustota náboje, R_1 je vzdálenost osy plechovky od brčka a R je poloměr plechovky (viz obr. 1).

Výsledky

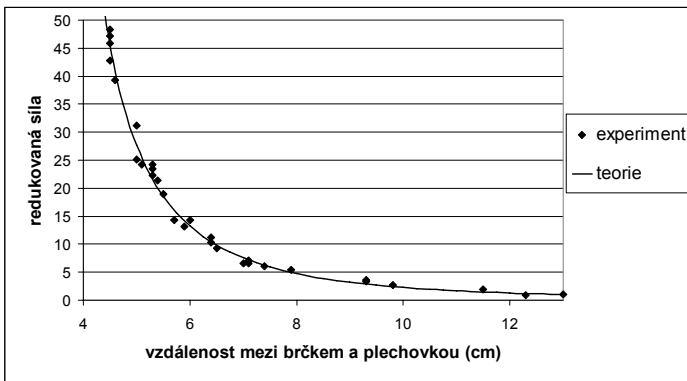
V grafu na obr. 2 je na svislé ose vynesena „redukováná síla“, tedy $\frac{F}{L} \cdot \frac{4\pi\epsilon_0}{\tau^2}$, v závislosti na vzdálenosti mezi brčkem a plechovkou.

Čára v grafu značí teoretickou křivku vypočtenou podle vztahu (1), body jsou naměřené hodnoty.

Závěr

Experiment je vhodný jak pro malé děti (děti prvního stupně ZŠ na fyzikálním kroužku kutálí plechovky po stole či závodí, či plechovka bude dřív na druhém konci třídy) tak pro vysokoškoláky, případně jako projekt na středoškolský fyzikální seminář.

Poznámka: Teoretické odvození vztahu (1) a detailní popis experimentu budou publikovány jinde.



Obr. 2: Naměřené výsledky v porovnání s teorií

Přitahování padesátníku

Jedná se o variantu předchozího experimentu, vhodnou i jako úkol na seminář na střední škole. Jde o pokus jednodušší, spíše „polokvantitativní“. Z jaké vzdálenosti se ještě pověšený padesátník přitáhne k brčku?

Provedení pokusu

Padesátník je pověšený na bifilárním závěsu, poblíž něj je umístěno brčko. Jak daleko ještě brčko může být, aby se padesátník přitáhl?

Výsledky a poznámky k pokusu

V našem případě byl padesátník na závěsu délky 25 cm. Nabitě brčko mohlo být ještě ve vzdálenosti okolo 3 cm, aby se padesátník přitáhl. K nabitě tyči se padesátník přitáhl maximálně ze vzdálenosti okolo 5 cm.

Pro největší přiblížení padesátníku je dobře patrné sršení náboje z brčka.

Padesátník je vhodné pověsit na bifilární nevodivý závěs, nit' není příliš vhodná. V našem případě byl zřejmě pokus ovlivněn i polarizováním izolepy, kterou byl padesátník k závěsu přilepen.

Nabíjení plechovky vodou

Jedná se o starší pokus, publikovaný například v [3], přesto nepříliš známý a popírající obecné tvrzení, že voda a elektrostatický náboj se nemají rády.

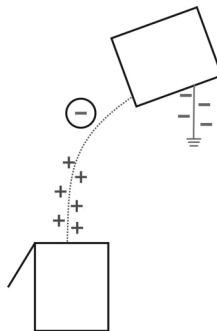


Obr. 3: Nabíjení plechovky vodou

Provedení pokusu je vidět z obrázku 3. Plechovka s lístkem alobalu jako indikátorem náboje stojí na izolační podložce, do ní se z jiné plechovky lije voda. Poblíž praménku vody je umístěna nabitá tyč.

Lístek na plechovce se zvedá, což indikuje nabíjení plechovky.

Vysvětlení experimentu je vidět z obrázku 4. V praménku vody se k záporně nabitě tyči přitahují kladné náboje. U tyče se pramínek rozstříkuje na drobné kapičky. Ty nesou kladný náboj, padají do spodní plechovky a nabíjejí ji kladně. Záporné náboje se od tyče odpuzují, jsou přes pramínek vody odvedeny do horní plechovky a pak rukou do Země. (Poznámka: Máme-li boty, jejichž podrážky nás od země izolují, náboje až do Země neodejdou. Ale kapacita lidského těla je tak velká že náboje nás ne-nabijí na příliš velké napětí.) Skutečnost, že spodní plechovka se nabíjí kladně, lze ověřit přiblížením záporně nabitě tyče.



Obr. 4: K vysvětlení experimentu nabíjení plechovky vodou

Poznámky k pokusu

Je třeba, aby voda z horní plechovky tekla jen velmi malým pramínkem, který se pod nabitou tyčí rozstříkuje na jednotlivé kapičky.

Voda musí téct z vodivé nádoby, která je uzemněná – v běžném provedení z plechovky držené v ruce.

Pramínek vody má tendenci se k tyči přitahovat, nepadá rovně do plechovky.

Při předvádění experimentu na semináři byli studenti hodně překvapeni, ozývala se slova jako „Cože?“ „To se fakt nabíjí vodou?“ apod. Věřím, že i u vašich studentů bude mít experiment úspěch.

Sloupeček LED

Jedním z velmi užitečných experimentů se ukázala demonstrace elektromagnetické indukce s použitím sloupečku LED diod. Na rozdíl od voltmetru jsou LED rychlejší, je na nich vidět změna polarity indukovaného napětí i závislost na rychlosti.

Studenty na semináři „*Elektřina a magnetismus krok za krokem*“ sloupeček zaujal jako jednoduchá, rychlá a názorná metoda znázornění rychlých změn napětí.

Podrobnosti ke sloupečku diod jsou popsány v příspěvku L. Dvořáka ([4]).

Závěr

Výše uvedené pokusy jsou vhodné jako kvalitativní experimenty pro žáky základních škol i jako polokvantitativní či kvantitativní experimenty pro středoškoláky a vysokoškoláky. Pokud některý pokus vyzkoušíte či budete mít nějaké otázky nebo komentáře, budu ráda, pokud se mi ozvete na adresu vera.koudelkova@mff.cuni.cz.

Literatura

- [1] <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka>. [online]. [cit. 3. 9. 2009]
- [2] <http://www.youtube.com/watch?v=QxZ6AWLpnUw&feature=related>. [online]. [cit. 3. 9. 2009]
- [3] Koudelková, I.: *Problémové úlohy a experimenty*. Matematika-Fyzika-Informatika 1/2008, s. 36-41, ISSN – 1210-1761 (reprint příspěvku ze semináře Projektová výuka fyziky ve ŠVP, Vlachovice 17. – 20.10.2007, publikován dříve ve sborníku této konference)
- [4] Dvořák, L.: *Netradiční měřící přístroje 4*. Příspěvek v tomto sborníku