

Tři experimenty inspirované miskoncepcemi SŠ studentů v elektřině a magnetismu

VĚRA KOUDELKOVÁ, LEOŠ DVOŘÁK
KDF MFF UK, Praha

Abstrakt

Príspevek popisuje tři experimenty, které byly inspirovány velmi častými miskoncepcemi středoškolských studentů v elektřině a magnetismu. První experiment se týká náboje na izolantu, druhý kvalitativně demonstuje Coulombův zákon, třetí ukazuje chování cívky v homogenním magnetickém poli. U každého experimentu je popsána také příslušná miskoncepce a výsledky výzkumu, které na ni ukazují.

Úvod

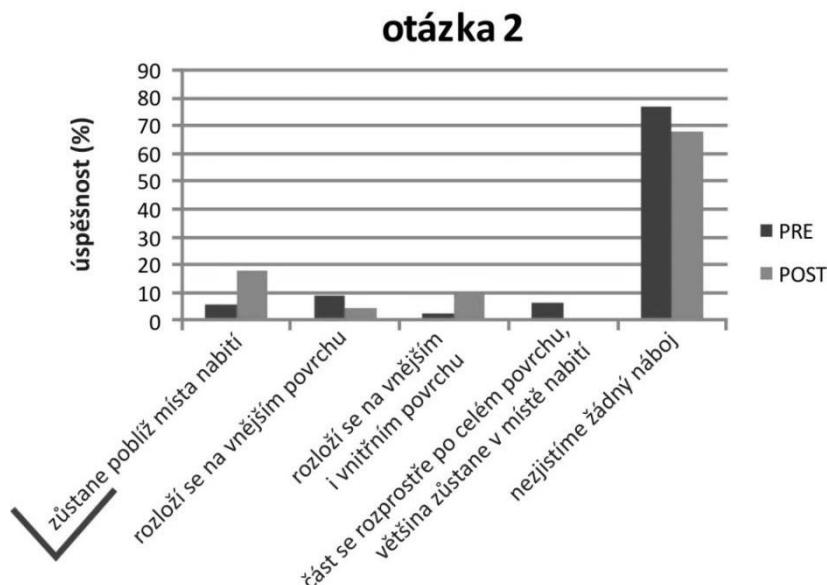
K testování miskoncepcí středoškolských studentů v elektřině a magnetismu byl nejdříve použit ve světě dobře známý Conceptual Survey of Electricity and Magnetism [1] určený studentům prvních ročníků VŠ. Tento test je ale bohužel pro české středoškoláky příliš abstraktní a není proto dostatečně vypovídající. Z tohoto důvodu byl test výrazně zkrácen, otázky upraveny a některé další přidány tak, aby byl test pro studenty srozumitelnější a přitom odpovídal obsahu fyziky na českých středních školách. Podrobněji je tento nový Konceptuální test z elektřiny a magnetismu (KTEM) popsán v publikaci [2]. Miskoncepce zmiňované v tomto příspěvku vycházejí z výsledků výzkumu, který probíhal ve školním roce 2012-2013. Studenti se ho účastnili ve dvou vlnách – před začátkem výuky elektřiny a magnetismu (dále zmiňován jako „pretest“) a po ukončení výuky tohoto tematického celku („posttest“).

Náboj na izolantu

Miskoncepce

Téměř 70 % testovaných studentů se i po ukončení výuky elektřiny a magnetismu zdá být přesvědčeno, že se náboj na izolantu ztrácí. Správně na otázku, co se stane s nábojem umístěným na plastovou lahev⁹, odpovědělo v posttestu pouze necelých 18 % studentů (viz graf na obr. 1).

⁹ V článku jsou formulace otázek zkráceny. V samotném testu jsou formulace obvykle delší, přesnější a doplněné obrázkem.

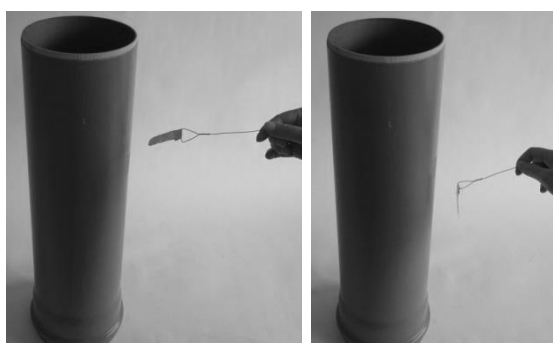


Obr. 1 - Odpovědi studentů na otázku, co se stane s nábojem umístěným na plastovou láhev stojící na izolační podložce.

S chováním náboje na vodiči však studenti tak velký problém nemají (na otázku, co se stane s nábojem na plechovce, odpovědělo v posttestu správně více než 40 % studentů, dalších 40 % je přesvědčeno, že se náboj rozloží i na vnitřní stěnu plechovky). Problém s nepochopením chování náboje na vodiči a izolantu zmiňují i autoři testu CSEM ([1]). Jak tedy ukázat, co se stane s nábojem na „plastové láhvi“?

Experiment – náboj na kanalizační trubce

Vhodným modelem plastové láhve se ukázala být široká kanalizační trubka. Je větší, což je výhodnější pro demonstraci, a lépe se elektruje třením. Indikátor náboje lze vyrobit z lístku alobalu (viz obr. 2), použít lze i doutnavku. Nabitou trubku lze vybit otřením mokrým hadrem.



Obr. 2 - Náboj na „plastové láhvi“: vlevo nabitá trubka, vpravo nenabitá.

S trubkou lze ukázat rozdíl mezi chováním náboje na „láhvi“ (trubce) z izolantu a na vodivé plechovce:

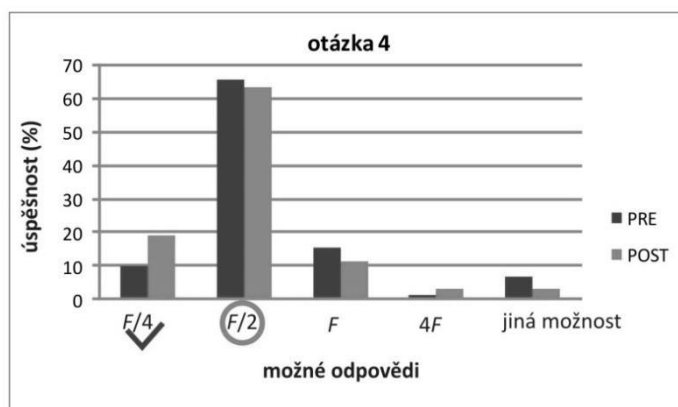
- Náboj na trubce zůstane pouze na tom místě, kde ji otřeme. Pokud ji otřeme na více místech, zůstane na všech.

- Pokud jedno z otřených míst vybijeme (doutnavkou, dotykem...), na ostatních nabitých místech náboj zůstane.

Coulombův zákon

Miskoncepce

Přestože se Coulombovu zákonu na středních školách věnuje poměrně dost pozornosti, zdá se, že ho studenti nejsou schopni aplikovat na konkrétní situaci. Na otázku, jak se změní síla mezi dvěma nabitými kuličkami, které jsme posunuli 2x dál, než byly původně, odpovědělo 63 % studentů, že se síla dvakrát zmenší. Správnou odpověď zvolilo pouze 19 % studentů (viz graf na obr. 3).



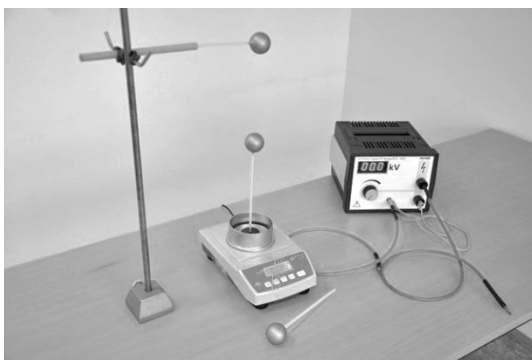
Obr. 3 - Odpovědi studentů na otázku, jak se změní síla působící mezi dvěma náboji, které jsou umístěny dvakrát dál od sebe.

Podle svých zkušeností z výuky předpokládáme, že pokud by stejnou úlohu s konkrétními údaji dostala stejná skupina studentů, většina by ji správně vypočetala.

Lze závislost síly na vzdálenosti ukázat bez složitých výpočtů?

Experiment 1 – Měření síly mezi dvěma nabitými kuličkami

Jako nabitě kuličky mohou posloužit ping-pongové míčky nastříkané vodivou barvou (nebo potřené tuhou), vhodným „držákem“ míček je brčko. Po nabití je možné měřit velikost síly mezi náboji pomocí citlivých vah (s citlivostí ideálně do 1 mg).



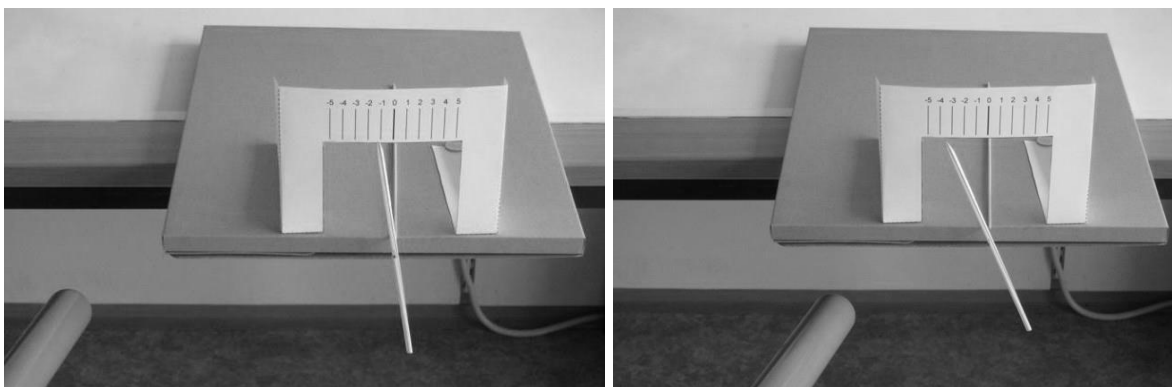
Obr. 4 - Aparatura pro měření síly mezi dvěma nabitými kuličkami.

Tento typ pokusu je znám ze zahraniční literatury. Před časem jej ověřil, proměřil a pro české učitele fyziky popsal Zdeněk Šabatka, viz kapitolu 3.2 v publikaci [3]. Aparatura pro měření je vidět na obrázku 4.

Experiment 2 – Coulombův zákon pomocí indikátoru z brčka

Skutečnost, že síla mezi dvěma náboji ubývá s druhou mocninou vzdálenosti, můžeme ukázat i s podstatně jednoduššími pomůckami. Stačí plastové brčko, špendlík s hlavičkou, špejle a plastová tyč, kterou lze elektrovat třením, a papír nebo čtvrtka A4. Brčko propícháme silnějším špendlíkem, kousek od jeho poloviny. Dírkou prostrčíme špendlík a zapícháme ho do konce špejle. Na papír nakreslíme nebo vytiskneme stupnici (stačí rovnoběžné čáry centimetr od sebe) a z papíru vystřížením a ohnutím vytvoříme stupnici, jak ji ukazuje obr. 5. (Vzadu ji zatížíme třeba dvěma mincemi, aby se nekácela, podobně můžeme třeba kouskem plastelíny zatížit vzadu špejli.) Náš „měřicí přístroj“ umístíme na kraj stolu nebo ještě lépe na nějakou desku vysunutou před okraj stolu. Podstatné je, aby blízko přístroje nebyla například kovová kostra stolu. (Náboje, které by se v ní indukovaly, by mohly zcela zkreslit výsledek pokusu.)

Kousek plastového brčka u jeho dolního konce zelektrujeme třením, například papírovým kapesníkem. Plastovou tyč také nabijeme třením. Když ji přibližujeme ze strany, spodní konec brčka se od tyče odpuzuje. Horní konec brčka to jako ručička ukazuje na stupnici. Přiblížíme plastovou tyč tak, aby výchylka brčka byla asi 1 cm. (To může nastat např. při vzdálenosti tyče asi 60 cm.) Pak tyč přiblížíme do poloviční vzdálenosti od spodního konce brčka – a vidíme, že výchylka brčka je asi 4 cm: Při poloviční vzdálenosti je síla čtyřikrát větší.



Obr. 5 - Jednoduchý přístroj pro ověření, že síla mezi dvěma náboji je úměrná $1/r^2$.

Poznamenejme, že vzdálenost plastové tyče, při níž nastávají uvedené výchylky, závisí na tom, jak je brčko „vyváženo“, tedy jak daleko od středu jsme jej propíchli. Vyvážení lze korigovat ustřížením kousku brčka na jeho konci. Výchylka samozřejmě také závisí na velikosti nábojů na brčku i na tyči. Pokus je třeba předem vyzkoušet – některá brčka se třením elektrují lépe, některá téměř vůbec, záleží na materiálu, kterým třeme tyč, a samozřejmě i na vnějších podmínkách.

Máme-li měřič náboje, lze ale popsaný experiment dotáhnout až do určení konstanty úměrnosti v Coulombově zákoně, jde ovšem o měření velmi přibližné.

Cívka v magnetickém poli: elektromagnetická indukce

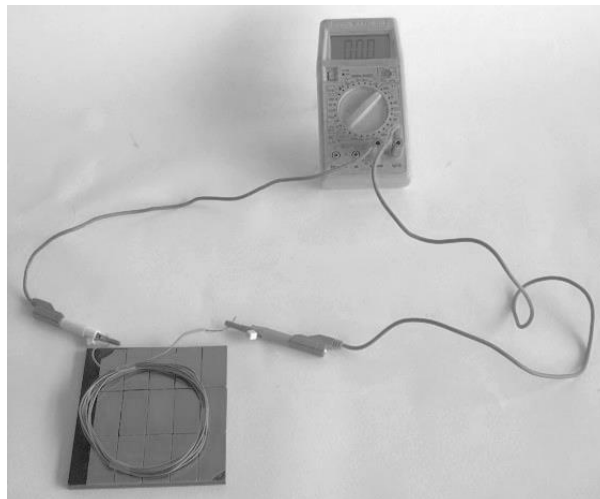
Miskoncepce

Předposlední otázka v testu KTEM se týká elektromagnetické indukce. Studenti jsou tázáni, ve kterých případech vzájemného pohybu magnetu a smyčky se ve smyčce indukuje napětí. Mezi jednotlivými možnostmi je pohyb magnetu od smyčky, pohyb smyčky směrem k magnetu, deformace smyčky (zmenšování její plochy) a rotace smyčky kolem své osy. Autoři testu CSEM zmiňují, že studenti nevnímají, že deformující se smyčka mění mag. indukční tok a naopak rotující smyčku jako měnící mag. indukční tok vnímají (viz [1]). Čeští studenti se zdají být opatrnější, 35 % studentů zvolilo jako správnou odpověď pouze pohyb smyčky směrem k magnetu, dalších 28 % pohyb smyčky k magnetu nebo magnetu od smyčky. Změnu mag. pole při deformování smyčky vnímá 15 % studentů, při rotaci smyčky 18 % studentů.

Studenti obvykle vědí, že napětí se indukuje při změně mag. indukčního toku, který závisí na mag. indukci a „ploše“. Lze nějak jednoduše ukázat, o jakou plochu jde?

Experiment – cívka v homogenním mag. poli

Aparatura je vidět na obrázku 6. Homogenní magnetické pole bylo vyrobeno z tenkých neodymových magnetů nalepených blízko sebe stejnými póly směrem nahoru, místo jednoho závitů smyčky je použito několik závitů měkkého drátu. K měření indukovaného napětí lze využít „indikátor napětí se sloupečkem LED“ (viz [4]), případně i citlivější voltmetr.



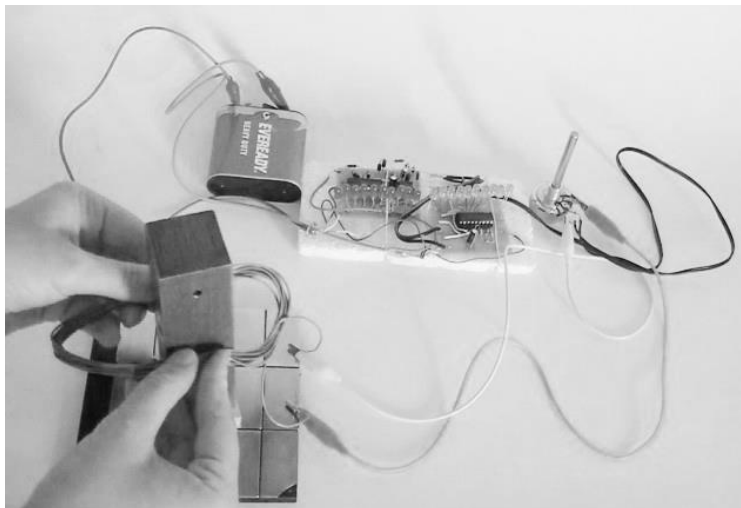
Obr. 6 - Aparatura pro měření, kdy se v cívce indukuje napětí.

Vzhledem k tomu, že cívka je z měkkého drátu, lze studentům ukázat i indukování napětí při její deformaci (a tedy změně její plochy). Kromě deformace se napětí indukuje např. i při:

- pohybu smyčky vzhledem od magnetů/k magnetům (je-li dál od magnetů, kde už pole není homogenní)
- vysouvání smyčky mimo plochu magnetů

- rotaci smyčky okolo vodorovné osy (mění se úhel smyčky vzhledem k magnetům

Naopak při rotaci smyčky podle svislé osy k indukovaní napětí nedochází, stejně tak při deformaci smyčky, je-li uvnitř ní jádro (viz obr. 7).



Obr. 7 - Je-li uvnitř cívky jádro, nedochází při deformaci cívky ke změně mag. indukčního toku a v cívce se napětí neindukuje.

Závěr

Pokud máte nějaké komentáře či připomínky k experimentům nebo se chcete dozvědět více o testu KTEM, budeme rádi, pokud nám dáte vědět na adresu vera.koudelkova@mff.cuni.cz.

Literatura

- [1] Maloney, David P et all: Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl., Vol. 69, No 7, July 2001
- [2] Dvořák, L., Dvořáková, I., Koudelková, V.: Fyzika aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s. r. o. Praha 2012. Online: <http://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa/>. cit. 24. 9. 2013
- [3] Dvořák, L., Šabatka, Z., Koudelková, V., Dvořáková, I. Náboje, proudy a elektrické obvody. Výukový text. P3K s. r. o. Praha 2012. Online: <http://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa/>. cit. 24. 9. 2013
- [4] Dvořák, L. Netradiční měřicí přístroje 4. Veletrh nápadů učitelů fyziky 14, konferenční sborník. ed. Bochníček, Z., Navrátil, Z. Brno, 2009. Článek je dostupný online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/14-09-Dvorak.html>