

Dva experimenty s magnetickým polem (+ 1 jako bonus)

VĚRA KOUDELKOVÁ, LEOŠ DVOŘÁK

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

Abstrakt

Příspěvek představí tři experimenty z magnetismu vhodné pro studenty středních škol. První z nich se týká jednoduché a přitom jednoznačné demonstrace vlastností diamagnetických a paramagnetických látek, druhý demonstruje ne zcela tradiční transformátor. Třetí, bonusový experiment, ukazuje chování magnetického obvodu transformátoru.

Diamagnetismus a paramagnetismus názorně

K obvyklému experimentu, kterým jsou demonstrovány diamagnetické a paramagnetické vlastnosti látek, se využívá torzní vahadlo – na jedné straně je zavěšen vzorek diamagnetika (obvykle zkumavka s vodou), na druhé straně vzorek paramagnetika (často modrá skalice). Pokud ke vzorku přiblížíme magnet, vahadlo se lehce natočí od magnetu (pro diamagnetikum), resp. k magnetu (pro paramagnetikum).

Dostupnost neodymových magnetů nám umožňuje demonstrovat dia- a paramagnetické vlastnosti látek i názorněji. Uspořádání experimentu je vidět na obrázku 1. Vzorek látky je umístěn na neferomagnetickém stojánku na vahách s citlivostí alespoň 0,05 g. Pokud ke vzorku přiblížíme seshora silnější neodymový magnet, váhy ukáží výchylku – měří odpudivou / přitažlivou sílu mezi magnetem a vzorkem.



Obr. 1 Schéma demonstrace dia- a paramagnetismu

Originální článek, popisující prezentovaný experiment s diamagnetikem byl publikován v časopise Physics Teacher v roce 1997 (viz [1]). Tento experiment byl prezentován na Veletrhu 2008, jako diamagnetikum byl použit bismut (viz

[2]). K dispozici jsme měli vzorek o hmotnosti 90 g, výchylka na vahách dosáhla hodnoty až 0,14 g, což odpovídá odpudivé síle 1,4 mN.

Co však použít jako paramagnetikum? Mezi silná paramagnetika patří podle tabulek např. mangan, platina nebo chrom. Asi nejdostupnější by v kabinetech biologie či chemie mohl být vzorek chromu. V našem případě jsme měli k dispozici kus o hmotnosti 515 g, na vahách jsme dosáhli výchylky až -0,36 g, což odpovídá přitažlivé síle 3,6 mN.

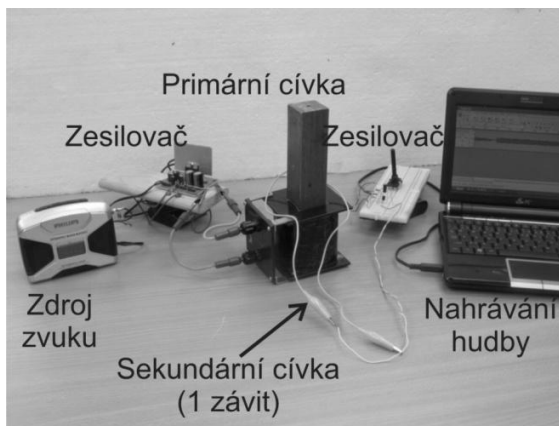
Nevýhodou tohoto experimentu je potřeba dostatečně silného diamagnetika/paramagnetika – např. voda je přibližně 20× slabší diamagnetikum než bismut, pro demonstraci jejích diamagnetických vlastností by proto byly potřeba váhy s citlivostí alespoň 1 mg.

Video s celým experimentem je k dispozici na adrese [3].

Transformátor netradičně

Motivací k experimentu byla otázka, zda lze k demonstraci principu transformátoru použít i něco zajímavějšího než harmonické napětí a zda lze k přenosu signálu použít i něco jiného než dráty. Cílem experimentu je proto „transformovat hudbu pomocí prstů“, tedy využít prsty jako jeden závit transformátoru.

Uspořádání experimentu je vidět na obr. 2. Zvuk z přehrávače je přes zesilovač veden do primární cívky (osvědčila se buď cívka 300 závitů, nebo cívka 60 závitů s přidaným rezistorem). Sekundární cívku tvoří jeden závit drátu. Transformovaný signál je veden přímo do reproduktoru nebo je nahrán do notebooku.



Obr. 2 Uspořádání experimentu „Netradiční transformátor“

Se studenty lze diskutovat závislost intenzity zvuku na počtu závitů sekundární cívky – s více závitů hlasitost hudby výrazně roste. S pokročilejšími studenty se dá diskutovat i o vhodném počtu závitů primární cívky (a o její impedanci).

Místo sekundárního závitů je možné použít prsty. Výstupní signál pak vedeme do notebooku buď přímo, nebo přes jednoduchý předzesilovač. (Připojíme-li prsty přímo k reproduktoru, neuslyšíme nic, protože odpor prstů je příliš velký.) I v případě, že signál zesílíme notebookem, je vhodné zmenšit přechodový odpor mezi prsty a drátem – prsty namočit, obalit alobalem apod. Signál je samozřejmě slabý, ale přesto zřetelný.

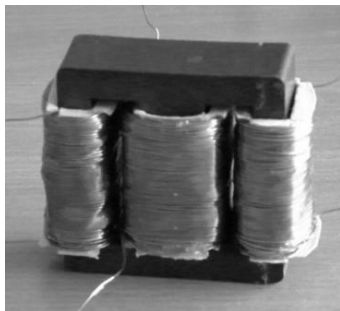
Podivný transformátor

...aneb lze ovládat žárovku z elektricky odděleného obvodu?

Pozn. Originální článek, z kterého tento experiment vychází, byl publikován v časopise *American Journal of Physics* v roce 1995 (viz [4]).

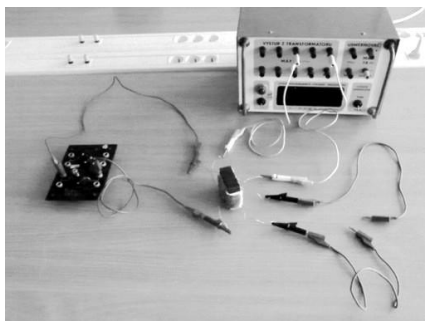
Popis experimentu

Hlavní součástí experimentu je transformátor s jedním primárním vinutím a dvěma sekundárními – pro jeho výrobu bylo použito jádro EE s největším rozměrem 55 mm. Všechna vinutí mají přibližně 360 závitů; jsou vinuta smaltovaným drátem o průměru 0,5 mm. Vzhledem k tomu, že prostřední (primární) sloupek má dvojnásobný průřez než oba krajní, jedná se o transformátor v poměru 1:1 (obr 3).



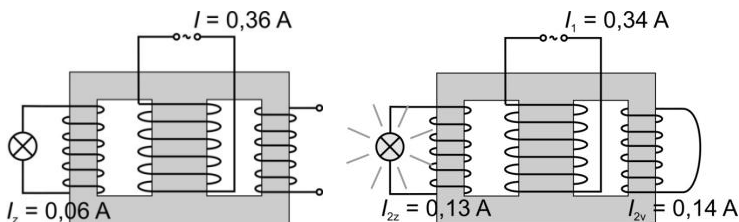
Obr. 3 Prostřední vinutí je primární, obě krajní vinutí jsou sekundární

Primární strana transformátoru je napájena střídavým napětím 4 V. K jedné sekundární je připojena žárovka 3,5 V/0,2 A, význam druhé sekundární strany ukážeme v dále popsaném pokusu. Celkové uspořádání experimentu je vidět na obrázku 4. Prostřední vodiče patří k primární straně transformátoru, nalevo je sekundární strana žárovky, napravo je druhá sekundární strana.



Obr. 4 Uspořádání experimentu „Podivný transformátor“

Pokud přívody k druhé sekundární straně necháme rozpojené, tj. tato sekundární strana transformátoru je tzv. ve stavu naprázdno, žárovka nesvítí, maximálně lehce žhne. Pokud ale druhou sekundární stranu zkratujeme, žárovka se rozsvítí naplno. Druhá sekundární strana tedy slouží jako „vypínač“ žárovky, přestože oba sekundáry jsou galvanicky zcela odděleny a na primár přivádíme stále stejné napětí. Proudy, které v obou případech obvody tečou, jsou naznačeny na obr. 5.



Obr. 5 a) vypínač je rozpojený, žárovka nesvítí, b) vypínač je zkratovaný, žárovka svítí

Samozřejmá otázka pro studenty je, jak je možné ovládat jas žárovky (a tedy proud, který žárovkou teče) z elektricky zcela odděleného obvodu.

Vysvětlení

Otázka je záměrně trochu manipulativní – obvod vypínače a žárovky jsou sice elektricky oddělené, ale magneticky spojené pomocí jádra. K vysvětlení pomůže uvědomit si chování magnetického obvodu transformátoru.

Obě sekundární strany jádra si lze představit jako paralelní části obvodu, primární strana slouží jako „zdroj“. Místo elektrického proudu „teče“ tímto obvodem magnetický indukční tok.

Je-li „vypínač“ rozpojen, není zde nic, co by působilo proti magnetickému indukčnímu toku, větev si proto lze představit jako „zkratovanou“. Naopak ve větvi žárovky vytváří cívka magnetický indukční tok proti primárnímu toku, v analogii s elektrickým obvodem je zde proto nějaký odpor. Z tohoto důvodu teče většina magnetického indukčního toku „vypínačovou“ stranou.

Pokud „vypínač“ sepneme, výrazně zvětšíme „odpor“ této větve, většina magnetického indukčního toku tedy poteče větví žárovky – což samozřejmě znamená zvětšení indukovaného napětí a proudu ve vinutí této strany transformátoru a tedy větší proud tekoucí žárovkou.

Ve vysvětlení jsou z důvodu větší srozumitelnosti záměrně určité nepřesnosti ve vyjádření. Matematické řešení tohoto problému je částečně uvedeno ve [4], v češtině bude ve vhodné podobě publikováno jinde.

Komentář

Experiment může být vhodný jako problémová úloha pro pokročilejší studenty středních škol případně pro studenty úvodních kurzů vysokých škol. Rozmyslet si jeho vysvětlení může být užitečné i pro učitele z praxe.

Závěr

Budete-li mít jakékoliv otázky či komentáře k výše uvedeným experimentům, dejte mi prosím vědět na adresu vera.koudelkova@mff.cuni.cz.

Příspěvek byl podpořen grantem FRVŠ 1120/2011.

Literatura

- [1] Willems, P. L.: *Demonstrating Diamagnetism*, Phys. Teach. 35, 463 (November 1997)
- [2] Koudelková, V.: Několik netradičních pokusů z magnetismu. Veletrh nápadů učitelů fyziky 13, sborník z konference. Ed. Rauner, K. Plzeň, 2008. str. 173-177
- [3] Diamagnetismus a paramagnetismus. [online]. [cit. 9. 9. 2011]. Dostupné online: <<http://www.youtube.com/watch?v=-SN3p--XmEA>>
- [4] Vanderkooy, J., Lowe, J.: A magnetic circuit demonstration, Am. J. Phys. 63, 6 (June 1995)