

Experimenty z elektřiny a magnetismu

ZDENĚK POLÁK

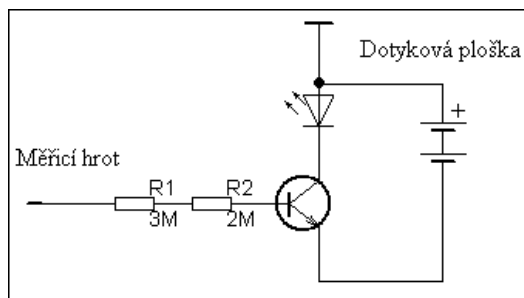
Jiráskovo gymnázium, Náchod

Abstrakt

Ve příspěvku je popsáno několik experimentů z elektřiny a magnetismu použitelných při výuce fyziky na základní a střední škole. Jde o využití elektronické zkoušečky, modelování rovnovážné polohy v silovém poli, vytváření sekundárního vinutí transformátorů novým způsobem a netradiční ukázky působení magnetické síly na vodič proudem.

Užití elektronické zkoušečky

Učitel ve své praxi může s výhodou používat běžně prodávané přístroje jako učební pomůcky. Jednou z takových velmi praktických věcí je elektronická zkoušečka. Může si ji každý koupit na tržišti bez záruky funkčnosti asi za 20 Kč nebo v profesionálním provedení ve specializovaném obchodu asi za 200 Kč. Liší se samozřejmě funkcemi a možnostmi. Dražší zkoušečky mají kromě optické také akustickou signalizaci a obvykle také různé stupně citlivosti. V principu ale fungují velmi podobně. Uvnitř je elektronický obvod napájený dvěma bateriemi 1,5 V a na povrchu mají dva vodivé kontakty. Jeden je hrotový, obvykle sloužící jako šroubovák a druhý je tvořen malou kovovou ploškou. Ploška je spojena s kladným pólem baterie a hrot přes velký odpor sází bipolárního NPN tranzistoru, který má v kolektoru svítivou diodu.



Obr. 1 Schéma zapojení zkoušečky z obr. 2



Obr. 2 Elektronické zkoušečky

Zkoušečka funguje tak, že malý proud přicházející přes kaskádu ochranných odporů do báze otvírá tranzistor a kolektorový proud rozsvítí LED diodu. U dokonalejší zkoušečky se navíc spouští zvuková signalizace. Jednou rukou držíme zkoušečku a prstem se dotýkáme kontaktní plošky. Hrot přiložíme na zkoumaný předmět a druhou rukou se jej dotýkáme v jiném místě. Proud otevírající tranzistor přichází do báze přes naše tělo. Užití ve školní praxi je velmi široké.

1) Rozdělení materiálů na vodivé a nevodivé. Výhoda je, že zkoumaný materiál může mít značný odpor, řádově až několik $M\Omega$. Tak ukážeme, že elektrický proud vede lidské tělo, ale ne třeba nehty nebo vlasy. Suché dřevo je nevodič a vlhké vodič. Čára měkkou tužkou po papíře je vodivá. Proud vede i obal od bonbónů bonboniéry, pokovené fólie apod. Naopak třeba ferity proud vevedou.

2) Lze snadno poznat polaritu zdrojů. Tranzistor se otevře a dioda svítí, jen když na hrot přivedeme kladný pól zdroje a druhá ruka se dotýká záporné svorky.

3) Určení orientace diod a elektrod bipolárního tranzistoru. Jeden vývod diody přimáčkeme hrotem zkoušečky a rukou se dotýkáme druhého. Zkoušečka se rozsvítí, když hrot je přiložen ke katodě diody.

4) Zjišťování kvality a odhadování kapacity malých kondenzátorů. Po přiložení zkoušečky se dobrý kondenzátor nabíjí, po tu dobu zkoušečka svítí. Po nabití má zkušena zhasne a nerozsvítí se a ni po opakovaném přiložení. Kondenzátor zůstane nabitý.

5) Polarita elektrování v elektrostatice. Zkoušečku umístíme na stojánek tak, aby dotyková ploška byla uzemněná. Když se přibližujeme kladně nabitým tělesem k hrotu, zkoušečka svítí, při oddalování je zhasnutá. Naopak při přibližování záporně nabitého tělesa je zhasnuta a při oddalování svítí.

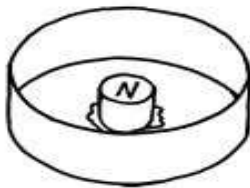
Mnohem více aplikací lze nalézt např. v [1].

Stabilní uspořádání magnetů

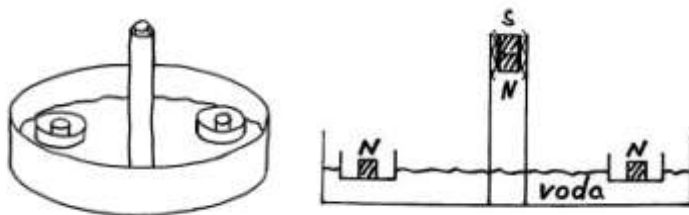
Každý kdo si hrál s magnety ví, že se buď přitahují nebo odpuzují. Nikdy nezaujmou stabilní rovnovážnou polohu jen působením magnetického pole tak, aby dodržovaly nějakou stálou vzdálenost. K tomu je nutno omezit nějakým dalším silovým působením jejich pohyb. Model vazby dvou částic realizovaný sestavou magnetů na vzduchovém polštáři popisuje [2].

Učitel ve třídě nemá dostatek času na přípravu komplikovaného pokusu a navíc žák při něm může jen pozorovat a ne se pokus sám řídit. Jednodušší, i když ne tak dokonalé, je nechat magnety plavat na hladině vody. Budeme potřebovat širší mělkou misku o průměru aspoň 20 cm, několik kalíšků od čajových svíček, malé stejné válcové feritové magnety na nástěnky a asi 10 cm dlouhou nemagnetickou trubku, do které lze magnety volně zasunout.

Do každého kalíšku vlepíme na plocho jeden magnet. Nejlépe lepicí hmotou nebo tavným lepidlem. Z několika magnetů (1 až 4 – potřeba vyzkoušet) obalíme papírem jako bonbón vytvoříme ruličku, která jde těsně, ale pohyblivě zasunout do trubky. Do misky nalijeme vodu a položíme několik mističek s magnety. Vzájemně se budou odpuzovat a zaujmou polohu na kraji misky tak, aby byly od sebe co nejdále. Už to stojí ve třídě za komentář, kolik takových magnetů mohu na hladinu položit, aby všechny zůstaly ve stabilní poloze na okraji. Pak do prostřed misky postavíme trubku s magnety orientovanými ale opačně. Na počátku je necháme v nejvyšší možné poloze. Pak opatrně posunujeme magnety v misce dolů. Magnety na plovoucích miskách se budou blížit ke středové trubce a vždy při určité poloze magnetu uvnitř zaujmou odpovídající polohu na hladině. Při vychýlení se do ní vrací. Vytvořili jsme model silové vazby. Větší vzdálenost představuje vazbu volnější, kratší vazbu těsnější.



Obr. 3 Magnet v kalíšku



Obr. 4 Miska s vodou, dvěma plovoucími magnety v kalíšcích a trubkou s magnetem v horní části. Severní pól magnetů v kalíšcích je nahoře u magnetu dole.

Obr. 5 (vpravo) Situace z obr. 4 zobrazená v řezu

Magnetická síla na vodič s proudem

Od základní školy se žáci učí užívat pravidlo pro směr magnetické síly působící na vodič s proudem. V jednoduchých příkladech je aplikace tohoto pravidla snadná. Určit směr síly působící na přímý vodič položený na vodorovné kolejničky připojené ke zdroji napětí, když magnetické pole má vertikální směr dovede skutečně zdárný absolvent základní školy. Budeme to umět vysvětlit i v trochu méně obvyklou situaci?

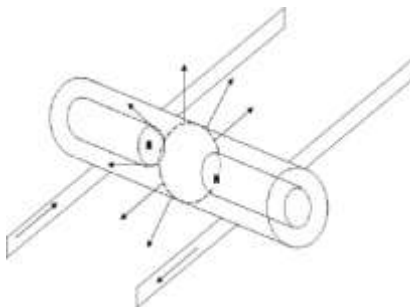
Zkusme provést tento experiment. K prkénku o rozměrech přibližně 1,5 cm × 6 cm × 25 cm přišroubujeme z boků měděnou zemnicí pásku používanou instalatéry o šířce 2 cm tak, aby přesahovala asi 1 cm přes výšku prkénka. Páska vytvoří dvě kolejničky, ke kterým připojíme zdroj napětí. Na plochu prkénka položíme kartu se silnými plochými shodně svisle orientovanými RE magnety. Nejlépe je klást vždy dva magnety z obou stran karty aby se vzájemně držely a vytvořit tak velmi silný plochý magnet. Když nad ně na kolejničky položíme měděnou trubičku, stačí připojit dostatečně silný zdroj proudu. Nejlepší je silný akumulátor. Když není k dispozici, je dobré mít upravenou plochou baterii, ve které jsou všechny tři články spojeny paralelně. To se z ní dá dostat podle stavu až 15 A do zkratu. Dost velký proud na to, aby se trubička dala do pohybu. RE magnety jsou magnety s prvky vzácných zemin (rare earth) typu železo-neodym-bór nebo samarium oxid.

Zkusme tento známý experiment provést trochu jinak. Do měděné trubky vložíme dva silné válcové RE magnety, póly proti sobě, aby se vzájemně odpuzovaly, a zajistíme je proti vypadnutí. Nejlepší poloha magnetů uvnitř trubky je taková, aby kolejničky procházely pod jejich středy. Po připojení proudu se

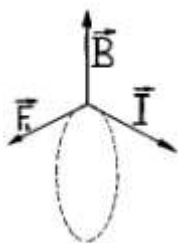
trubka s magnety dá do valivého pohybu. Dokážeme předem určit kterým směrem? Viz obr. 6 a 7.



Obr. 6 Válec s magnety na kolejničkách z měděných pásků



Obr. 7 Válec s magnety na kolejničkách z měděných pásků schematicky



Obr. 8

Budeme-li předpokládat směr proudu naznačený šipkami v kolejničkách, pak válcem prochází zezadu dopředu. Při magnetech zasunutých do válce severními póly k sobě vychází vektor magnetické indukce uprostřed kolmo k povrchu. Magnetická síla je pak tečná k obvodu a podle pravidla levé ruky roztáčí válec tak, že se pohybuje směrem k nám. Viz obr. 8.

Další obměnou téhož experimentu je snad nejjednodušší elektromotor na světě. Budeme potřebovat monočlánek jako zdroj proudu, válcový RE magnet, ocelový vrut o délce asi 4 cm s plochou hlavou a měkký měděný kablík. Na hlavu vrutu necháme přicvaknout RE magnet. Tím se vrut stane magnetem a lze jej přichytit na čelo monočlánu. Pak jeden konec kablíku přimáčkne k opačnému pólu monočlánu a druhým se jemně dotýkáme obvodu válcového magnetu. Magnet se velmi rychle roztočí. Směr otáčení opět určíme podle pravidla levé ruky. Proud tentokrát prochází přímo povrchem magnetu od středu k obvodovému kontaktu. Na obr. 9 zleva doprava. Magnetické pole má v tomto místě směr vzhůru. Magnetická síla bude směřovat k nám a magnet se roztočí po směru hodinových ručiček při pohledu shora.

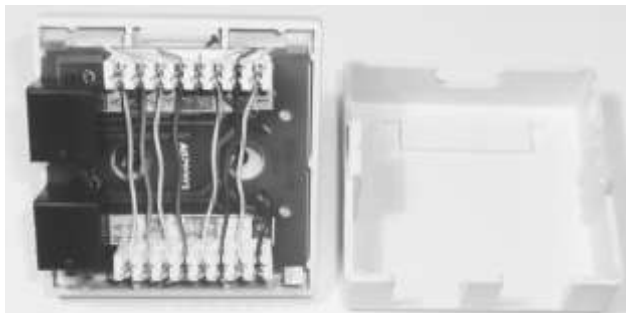


Obr. 9

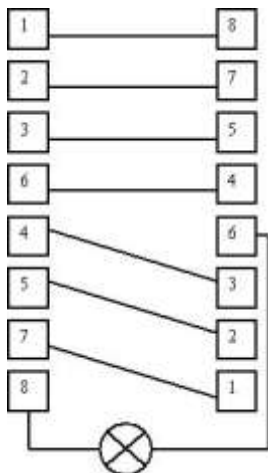
Napětí na vinutí transformátoru

Při výuce o transformátoru ukazujeme, že výstupní napětí závisí přímo úměrně na počtu závitů sekundární cívky. Obvykle používáme rozkladný transformátor, ke kterému máme několik různých cívek a ukazujeme danou závislost. Proč ale přímo nemění počet závitů navíjením sekundárního vinutí přímo před žáky? Problém je, že malé transformátory s malým průřezem jádra nedovolují snížit kvůli syčení počet závitů na 1 V na nějakou příliš malou hodnotu a ke zjištění napětí musíme použít měřicí přístroj. Nelze použít třeba malou žárovku. Typický rozkladný transformátor s průřezem 16 cm^2 potřebuje asi 4 až 5 závitů na 1 V napětí. Na rozsvícení malé žárovky je pak potřeba nejméně 10 závitů sekundárního vinutí. To se dá obejít malým podvodem na divákov. Sekundární vinutí vytvoříme pomocí kabelu s více vodiči. V tomto ohledu je asi nejsnadněji dostupný běžný síťový počítačový kabel s osmi vodiči. Ty musíme samozřejmě na konci propojit, aby se vytvořily závity cívky.

Připravíme si na to malý přípravek. Krabičku se dvěma síťovými zásuvkami. Dá se běžně koupit v obchodě počítačovými komponenty. Nejvhodnější je pro povrchovou montáž na zeď (obr. 10). Uvnitř má vše připraveno pro připojení síťových kabelů. Nemusí se nic pájet, dráty se jen zařezávají. Jen je nutno vodiče v kontaktech řádně domáčknout třeba tenkým ostrým šroubováčkem. Rozložení kontaktů může být různé, ale pokud jsou očíslovány, pak vhodné propojení nalezneme snadno. V krabičce podle obrázku jsou kontakty v řadách proti sobě. Aby se spojovací vodiče co nejméně křížily, bylo zvoleno zapojení dle schématu na obr. 11. Čísla vlevo a vpravo odpovídají jednotlivým koncům vodičů v kabelu.



Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12

Po zasunutí síťového kabelu do zásuvek, vznikne osmizávitová smyčka, k jejímž koncům je připojena žárovka. Jestliže vytvoříme jeden jediný závit kabelu kolem jádra transformátoru, vznikne osm závitů vodiče a tomu odpovídající napětí. Žák ve třídě však vidí jeden kabel a žárovku na krabičce (obr. 12). Toto zapojení umožňuje několik základních experimentů objasňujících činnost transformátoru.

1) Napětí roste s počtem závitů cívky přímo úměrně. Lze doložit měřením napětí na žárovce nebo jen subjektivně posuzovat jas žárovky.

2) Napětí nezávisí na velikosti plochy závitu! Pro studenty je překvapivé, že změna tvaru a velikosti plochy závitu nemá vliv na velikost indukovaného napětí. Veškeré změny magnetického indukčního toku probíhají uvnitř jádra a podle Faradayova zákona elektromagnetické indukce musí být indukované napětí stejné, i když zvětšíme plochu závitu o část, kde se magnetické pole nemění. Dokonce, i když vedeme transformátorem jen „přímý“ vodič, bude napětí stejné, jako na jednom závitě. I zdánlivě přímý vodič tvoří závit.

3) Napětí nevznikne, když navineme na jádro bifilární vinutí. Kabel přeložíme a závity navineme zdvojeným kabelem. Plocha obklopená přeloženým kabelem je nulová. Napětí nevzniká. Můžeme kabel různě překládat a stáčet a ověřovat platnost zákona o indukovaném napětí v mnoha obdobích.

Literatura

- [1] Dvořák L.: *Netradiční měřicí přístroje 2: Indikátor malých proudů*, In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 7. Ed.: Svoboda E., Dvořák L. Prometheus Praha 2002. s. 143 - 148.
- [2] Wilke H. J.: *Zajímavé pokusy s keramickými magnety*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 6, Ed.: Lepil O.. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc 2001. s. 7 - 14.
- [3] Biezeveld H., Mathot L., Scoop vwo bovenbouw Naturkunde 2, Wolters-Noordhoff Groningen 1999, The Netherlands.
- [4] <http://www.coolmagnetman.com/>