



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MS
MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Mgr. ZDENĚK POLÁK

HRÁTKY

S MAGNETISMEM



SVĚT ENERGIE



Národní pedagogický institut České republiky
Projekt Modernizace odborného vzdělávání (MOV)
Senovážné nám. 872/25, 110 00 Praha 1
www.projektmov.cz

Mgr. ZDENĚK POLÁK

HRÁTKY S MAGNETISMEM



| | |
|---|----|
| Úvod | 4 |
| Magnety okolo nás | 5 |
| Magnet a látka | 6 |
| S jakými magnety se můžete setkat a kde je získat | 7 |
| Mapování magnetického pole | 11 |
| Plovoucí magnety | 13 |
| Může magnet odpuzovat železo? | 15 |
| Jak silný je magnet | 17 |
| Dočasná magnetizace | 19 |
| Zapínání proudu magnetem | 22 |
| Trvalá magnetizace | 24 |
| Kompas | 26 |
| Magnetometr | 28 |
| Paramagnetické a diamagnetické látky | 30 |
| Diamagnetická levitace | 32 |
| Magnetka a proud | 34 |
| Elektromagnet | 37 |
| Jak silné jsou elektromagnety | 39 |
| Zvonek | 40 |
| Reproduktor | 41 |
| Může magnet vydávat zvuky? | 43 |
| Jak vyrobit magnetem elektrický proud | 44 |
| Spojené reproduktory | 47 |
| Magnet a televizní obrazovka | 48 |
| Tajemství vířivých proudů | 50 |
| Závěr | 53 |



ÚVOD

Milé čtenářky, milí čtenáři,
dostává se vám do rukou knížečka pokusů s magnety. Určitě vám často vrtalo hlavou, jak a proč vlastně magnety působí na věci okolo vás. Kam všude, na co a jak sahají neviditelné ruce magnetického pole. Nejde o učebnici ani o odborný výklad osvětlující dané jevy. Spíše se jedná o průvodce při takovém seznamování se s tajemnem magnetických sil, který vám pootevře dvířka na cestu k jejich pochopení.

Na omezeném prostoru nelze uvést všechny možnosti poznávání. Popsané pokusy považujte jen za návod jak začít a za výzvu k pokračování. Zkoušejte dál, měňte uspořádání pokusů a vytvářejte další varianty. Hledejte sami odpovědi na otázky, které vás při tom napadnou. Bude-li něco pro vás přesto složité a nejasné, ptejte se. Nebojte se zeptat kamarádů, odborníků, učitelů. Hledejte řešení problémů v učebnicích a další literatuře. Zasílejte své dotazy na seriózní odpovědny na internetu. Udělejte si z poznávání hru, při které se naučíte, jak funguje svět, jaká jsou jeho pravidla a zákonitosti.

Hodně zábavy při hrátkách s magnetismem!
Mgr. Zdeněk Polák

MAGNETY OKOLO NÁS

Magnety najdeme na každém kroku. Jsou všude kolem nás a využíváme je v mnoha aplikacích. Je dobré vědět kde jsou a jaké mají vlastnosti.

Každá věc jednou doslouží a stane se nepotřebným odpadem. Zrovna tak přístroje, ve kterých se nacházejí magnety. Z nich pak je možné tyto magnety získat. Podívejme se na několik typických způsobů jejich použití. Každý z vás najde určitě ještě mnoho dalších.

- Držáky všeho druhu. Všude, kde je potřeba něco jednoduše a rychle přidržet. Papíry na nástěnce nebo třeba na ledničce, textilní chňapku na sporáku, dvířka skříněk, dveře ledničky, figurky na šachovnici, uzávěr kabelky, šroubek na šroubováku apod.
- Všude, kde má stejnosměrný proud uvést něco do pohybu. Stejnosměrné motorky v hračkách, autíčkách, magnetofonech, větráku auta; ve všem, co je uváděno do pohybu v počítačích.
- Tam, kde se mění elektrický signál na zvuk a obráceně. Velké magnety jsou v reproduktorech a reproduktorových soustavách. Malé ve sluchátkách, v elektrodynamických mikrofonech a přenoskách.
- Magnet určuje směr jako magnetka kompasu či busoly
- Magnety snímají polohu. Magnet upevněný na výpletu jízdního kola nám dává informaci o jeho otáčení, čímž lze měřit rychlost jízdy a ujetou vzdálenost. Oddálení magnetu od snímače v rámu dveří či okna může být zdrojem signálu pro alarm.
- Bez magnetů se neobejdou ani ručičkové měřicí přístroje. Ampérmetry, voltmetry, ale také elektroměry a tachometry.
- Magnetů se využívá i v systémech mikrovlnné trouby ve zdroji mikrovln – v magnetronu.
- Magnety slouží při výrobě elektrického proudu v dynamu na kole a v podobných soustavách.

MAGNET A LÁTKA

Každý z nás si to už někdy zkusil. Vzít do ruky magnet a zkoušet, k čemu se přitáhne. Asi zjistíte, že všechny předměty, ke kterým se magnet přitahuje, obsahují železo. Ve skutečnosti se přitahuje i k niklu, kobaltu a k měkkým feritům. Takové látky nazýváme magnetické (přesněji feromagnetické resp. ferimagnetické). Proč se k nim magnet přitahuje? Podstatou je, že magnet magnetizuje danou látku, vytváří z ní také magnet. Původní a nově vzniklý magnet se přitahují. Když přiblížíte magnet jedním pólem třeba k železnému plechu, vytvoří se v něm u magnetu opačný pól a začnou se vzájemně přitahovat. Vezměte si malý feritový magnet a prozkoumejte své okolí. Určete, z jakých látek jsou vyrobeny předměty, které běžně používáte. Třeba klíč, příbor, baterie na jedno použití a dobíjecí, kancelářské sponky, různé mince, řetízek, prstýnek, korálky skleněné a z černého hematitu, pánev na pečení, stojan lampy, těleso a trubky ústředního topení, vodovodní baterie, skříň lednice a sporáku, kování oken a dveří...

MINCE A JEJICH MAGNETICKÉ VLASTNOSTI

To jsou určitě kousky kovu, které bereme nejčastěji do ruky. České platné mince jsou v podstatě dvojího druhu. Padesátihaléřová mince je ze slitiny hliníku a hořčíku. Dobře vede proud i teplo, ale je nemagnetická. Ostatní jsou z měkké oceli, na povrchu opatřené tenkou vrstvičkou ušlechtilého kovu. Železo uvnitř způsobuje, že jsou magnetické a přitahují se k magnetu. Ještě zajímavější z magnetického hlediska jsou euromince. Vyzkoušejte, jak silně se přitahují k magnetu. Některé se přitahují silně, některé slabě, některé vůbec ne. Čím to je? Ty nejmenší do 5 centů jsou stejně jako naše desetikoruny z oceli potažené mědí. Magnet je silně přitahuje. 10, 20 a 50 centové mince jsou nemagnetické, ze žluté slitiny ušlechtilých kovů (Cu, Al, Zn, Sn). 1€ a 2€ jsou mince z takových slitin, které jsou nemagnetické, ale obě mají niklové jádro, které magnetické je. Kulatý vnitřek obou mincí přitahuje magnet a obvod ne. Přitažlivá síla je slabší, protože nikl se magnetizuje slaběji než železo.

S JAKÝMI MAGNETY SE MŮŽETE SETKAT A KDE JE ZÍSKAT

Jak už bylo uvedeno, magnety jsou prakticky všude. Když budete blíže zkoumat materiál, ze kterého jsou magnety vyrobeny, zjistíte, že jsou v podstatě čtyři druhy.

FERITOVÉ MAGNETY

Ty jsou dnes velmi běžné a snadno dostupné. Jsou černé, tvrdé a křehké, elektricky nevodivé, vydrží vysoké teploty až několik set °C. Jsou chemicky odolné, nekoro-dují. Hustotu mají okolo 5 g/cm³. To znamená, že stejně velký kamínek bude lehčí a železo naopak těžší než magnet. Nedají se řezat ani krájet, lze je jen obtížně brousit. Svými vlastnostmi se nejvíce blíží keramice. Vyrábí se z oxidů železa, stroncia a bóru, obvykle ve tvaru kvádru, plného nebo dutého válce. Mnoho variant tvarů lze koupit levně v kancelářských potřebách. Tyto magnety jsou uvnitř dětských hraček, figurek, držáků, motorků a dynam.

Velké ferity ve tvaru dutého válce jsou v reproduktorech. U malých reproduktorů jsou přímo viditelné, nebo jsou ukryty jen pod jednoduchým plechovým krytem. Větší mají magnet zalitý v plastu. Jak dostat magnet ven ze starého reproduktoru např. vyřazeného rádia? Při všech operacích je nutno stále myslet na to, že jde o křehký materiál. Nejdříve je nutno odstranit plechový koš reproduktoru s papírovou membránou. Tu můžete odtrhnout. Dále použijete ostrý šroubovák. Vrazíte špičku mezi koš a železo chránící magnet. Mírně pootočíte šroubovákem. Pak totéž provedete těsně vedle. Tak se postupně uvolní plech držený několika nýty od magnetického obvodu magnetu. Po oddělení koše zůstane nízký válec, ve kterém je viditelná



^ Běžné feritové magnety

> Reproduktor před a po rozebrání. Můžete z něj získat silný kruhový feritový magnet s otvorem uprostřed.



kruhová mezera. Zde se původně nacházela cívka pohybující membránou. Pokud je magnet zalitý v plastu, proříznete ho pilkou na železo až k magnetu dvěma řezy z boku na protilehlých stranách. Plast odpáčíte šroubovákem a zůstane vám kruhový magnet s železným magnetickým obvodem. Ferit je k železu přilepen epoxidovým lepidlem. Železnou plochou ho položte na ploténku vařiče a zahřívejte do změknutí lepidla. Magnetu vysoká teplota nevadí, ale vy si dejte pozor na ruce a věci, které byste mohli při zahřívání poškodit. Pak magnet uchopte v rukavicích a silným nožem oddělte od železných částí.

Mnohem jednodušeji lze vymontovat podobné magnety z vyřazených magnetronů z mikrovlnek. Zajímavé ploché kotoučové ferity lze získat z některých starých typů disketových mechanik. Zejména se jedná o mechaniky s průměrem disket 5,25".

ALNICO MAGNETY

Název je odvozen od chemických značek prvků, které spolu s železem tvoří materiál magnetu – hliník, nikl a kobalt. Alnico magnety jsou kovově lesklé, tvrdé, křehké, elektricky vodivé. Nedají se řezat, lze je jen obtížně brousit. Odolávají vysokým teplo-tám jako ferity, mají však silnější magnetické pole. Jejich hustota je okolo 7,3 g/cm³. Nalezneme je v systémech měřicích přístrojů, elektroměrů, elektrodynamických mikrofonů a ve starých typech sluchátek a reproduktorů.

MAGNETY ZE SLITIN PRVKŮ VZÁCNÝCH ZEMIN (RARE EARTH), RE MAGNETY

Jde o novou generaci permanentních magnetů, obsahujících prvky vzácných zemin, nejčastěji samarium (Sm) nebo neodym (Nd). Magnety z prvků vzácných zemin se vyrábějí spékáním (sintrováním) velmi jemně rozemletých substancí, neboť jejich přímé slévání není možné.



- Rozebraný pevný disk se sejmutým silným RE magnetem.



Tyto magnety vytvářejí mnohem silnější pole než klasické magnety. Dosáhnou stejné přídržné síly při mnohem menších rozměrech. Jsou tvrdé, velmi křehké, matně tmavě šedivé s pozorovatelnou povrchovou strukturou. Jejich hustota je přibližně $7,5 \text{ g/cm}^3$. Jsou elektricky vodivé, velmi teplotně závislé. Neodymové magnety ztrácejí své magnetické vlastnosti už při teplotě okolo 200°C a při zahřátí na vyšší teplotu jsou tyto změny nevratné. Nejsou příliš chemicky odolné, snadno korodují, a proto se povrchově upravují obvykle plátováním niklem. Jejich základní předností je, že poskytují nesmírně silné magnetické pole.



- ❖ Mechanika CD ROM, ze které lze získat několik maličkých RE magnetů.
- ❖ Různé tvary RE magnetů z pevných disků. Malé kruhové magnety jsou z mechaniky CD ROM.

Ještě nedávno šlo o závratně drahé materiály. Dnes je lze koupit ve specializovaných prodejnách za rozumnou cenu několika desítek korun za krychlový centimetr materiálu. Čím větší kus, tím je 1 cm³ levnější. Přesto není nezajímavé získat tyto magnety z elektronického šrotu. Například z mechanik CD ROM a z pevných disků počítačů. V CD ROM jsou tři malé motorky obsahující feritové magnety a ve čtecí hlavičce je vychylovací systém pro čtecí optiku s jedním nebo dvěma malými RE magnety. Další malý kruhový RE magnet je na hřídeli jednoho z motorek a přidržuje při chodu vlastní CD disk. K demontáži postačí sada běžných plochých a křížových šroubováků.

Mnohem větší RE magnety lze získat z pevného disku HDD. K jeho demontáži však již potřebujeme šroubovák se zakončením Torx (hvězdička) malých rozměrů. Obvykle velikost T8 nebo T9. Po odšroubování šroubků a sejmutí krytu disku se objeví lesklé plotny, na které se zaznamenávají data, a pohyblivé raménko. Za-pisovací a čtecí hlavička je na jednom konci raménka, na druhém je cívka. Ta se nachází v silném magnetickém poli, které vytváří RE magnet. Obvykle je zde plochý zahnutý magnet připomínající spláclý rohlíček o rozměrech 1 cm x 3 cm. Jeho konce jsou zmagnetovány v opačných směrech kolmo na rovinu plochy. Na každém konci je severní i jižní pól magnetu. Čtyřpólový magnet může být také rozdělen na dva dvoupólové a pak je situace mnohem jednodušší. Magnet je vždy ve stínícím magnetickém obvodu z magneticky měkkých ocelových plátků. Je k nim přilepen epoxidovým lepidlem a je nutno ho opatrně oddělit. Bohužel nemůžete použít taktiku zahřívání jako u feritových magnetů. Tím by se RE magnet nenávratně zničil. Navíc je velmi křehký a jakékoli silnější páčení vede k destrukci. Většinou pomůže mírně ohybem deformovat ocelový plátek a magnet od něj oddělit ostrým nožem. Se získaným magnetem zacházejte velmi opatrně. Je tak silný, že při samovolném přitažení k jinému magnetu, nebo ke kusu železa, se přicvakne takovou silou, že se sám roztříští. Svým magnetickým polem může trvale poničit některá zařízení a přístroje. **Rozhodně ho nepřibližujte k televizní obrazovce ani obrazovce monitoru, hodinkám, mobilu, sluchátkům, disketám, platebním kartám, jakýmkoli nosičům magnetického záznamu, kardiostimulátorům apod.** RE magnety je třeba uchovávat tak, aby žádná taková situace ani nemohla nastat. Nejlépe je pořídit

si dvě podložky ze železných plechů. Čím silnější tím lepší. Na ně přilepit vlnitou lepenku. Na jednu plochu dát dvě vrstvy, aby vzdálenost od plechu byla větší. Na jednu podložku se magnety samy přichytí, druhou je přikryjete. V nouzi vystačíte s plechy ze schránky od CD ROM.

PLASTOVÉ MAGNETY

Jde o jemný feritový prášek rozptýlený v plastu. Jsou ohebné, měkké, tvárné, chemicky odolné, Tepelná odolnost závisí na použitém plastu. Dají se krájet a stříhat. Mají nízkou hustotu. Neposkytují obvykle silná pole. Najdeme je v těsnění dveří ledniček a mrazicích boxů, magnetických fóliích apod. Relativně velké přidržné síly se dosahuje hustým střídáním magnetických pólů.

MAPOVÁNÍ MAGNETICKÉHO POLE

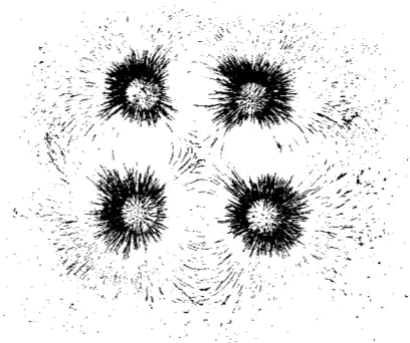
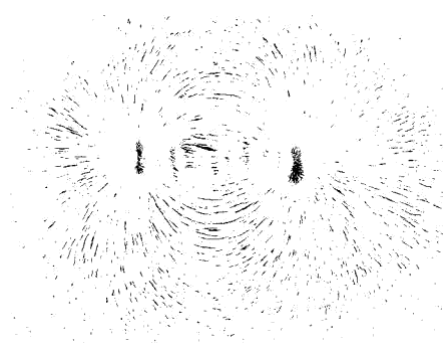
Vzájemné působení magnetů se odehrává prostřednictvím magnetického pole, které je magnety vytvářeno. První poznatky o něm dává střílka kompasu. Magnetka se vždy otáčí do směru, který se ztotožňuje se směrem magnetického pole. Položte na stůl magnet a přibližujte z různých směrů kompas. Z mnoha poloh magnetky si můžete představit celkový tvar pole a jeho směr v každém místě.



Pro rychlejší představu můžete použít velkého množství malých magnetek. Stačí na magnet položit karton a posypat jej drobnými železnými pilinami. Pilinky se zmagnetují, tím se z nich vytvoří malé magnetky a natočí se do směru magnetického pole. Protože jednotlivé konce pilinek jsou zmagnetovány opačně, vzájemně se přitahují a vytvářejí dlouhé řetízky, čáry. Nikdy nesypete piliny na magnet přímo, velmi obtížně se pak odstraňují. U velkých magnetů stačí použít místo pilinek třeba malé kancelářské sponky. Pak není potřeba používat karton.

Takto jsme si vytvořili model magnetického pole z myšlených křivek, kterým říkáme indukční čáry. V jednoduchém přiblížení se jejich průběh dá ztotožnit s obrazcem z pilinek v okolí magnetu. Směr magnetky je v daném místě shodný se směrem indukčních čar a jejich hustota nám říká, jak je magnetické pole silné. Magnetické indukční čáry vycházejí ze severního pólu, procházejí prostorem kolem magnetu, vcházejí u jižního pólu a uvnitř se uzavírají.

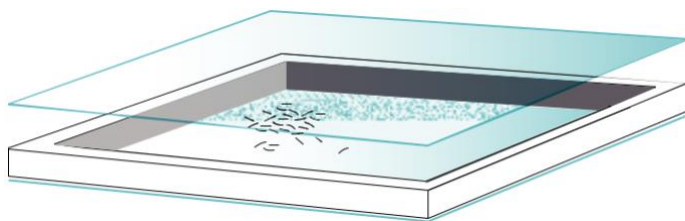
🔗 **Tyčový magnet a dvě magnetky ukazující směr indukčních čar. Ty vycházejí ze severního pólu, který je vpravo, procházejí rovnoběžně podél magnetu a vcházejí do magnetu v okolí jeho jižního pólu.**



Pilinky také ukazují na další důležitou vlastnost magnetického pole. Když jimi karton nad magnetem lehce posypete a jemně na něj poklepete, pilinky se nejen natáčejí, ale také posouvají k pólům magnetu. Na feromagnetickou látku působí v magnetickém poli vždy síla ve směru houstnutí magnetických indukčních čar. Proto se drobné magnetické předměty přitahují hlavně k pólům magnetu. Tam jsou čáry nejhustší.

Pro pohodlné mapování magnetického pole pomocí pilinek si udělejte pozorovací okénko. Sklenář vám uřízne dvě skla o síle 2 mm velikosti asi pohlednice. Na jedno nalepíte při obvodu rámeček z pružného okenního těsnění. Nasypete asi půl kávové lžičky jemných železných pilin a přiklopíte druhým sklem. V prstech pevně stisknete a kolem dokola oblepíte lepicí páskou s textilní vložkou. Tak budou skla k sobě pevně spojena, ve vytvořeném okénku jsou piliny pevně uzavřeny a nemohou znečistit magnet ani okolí. Někdy je trochu problém se slepováním zmagnetovaných pilinek. Když je chcete oddělit, položte na stůl velký magnet jedním pólem vzhůru. Svisle k němu přiblížte okénko, lehce potřásejte a pilinky se samy rozeběhnou od sebe.

Prozkoumejte pomocí pilinek různé sestavy magnetů.



^^ Pilinkový obrazec magnetického pole tyčového magnetu.

^^ Pilinkový obrazec magnetického pole čtyřpólu. V rozích čtverce se střídají severní a jižní póly.

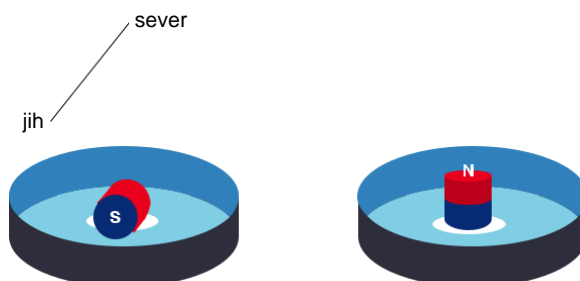
^^ Okénko na zkoumání magnetického pole před připevněním horního skla. Na dolní sklo je nalepen rámeček z pružného okenního samolepicího těsnění. Uvnitř nasypáno asi půl kávové lžičky železných pilin.

PLOVOUCÍ MAGNETY

Nyní budeme zkoumat, jak na sebe magnety působí, a jaké zaujmají polohy ve zvláštních situacích. Aby jim nic nebránilo v pohybu, umístíte je na plováky a necháte plovat na hladině.

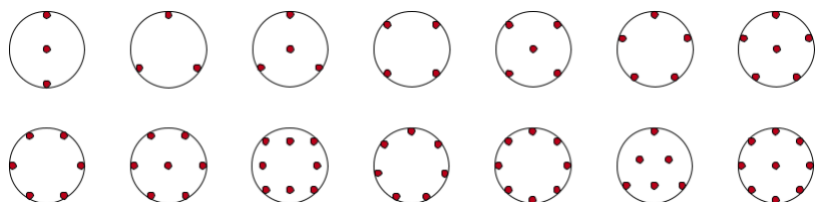
JAK NA TO

Budete potřebovat asi 10 malých kulatých feritových magnetů, které se používají na nástěnky. Nejlépe tak do průměru 15 mm a výšce 5 mm. Na hladině je udrží víčka od PET lahví. Můžete ale použít i třeba kalíšky od čajových svíček, nebo plováky vyrobit z polystyrenu. Záleží na skutečné velikosti použitých magnetů. Magnety do mističek upevníte pomocí lepicí hmoty nebo tavným lepidlem. Když máte připraven dostatečný počet magnetů s plováky, nalijte do plastové kruhové misky o průměru aspoň 20 cm asi 3 cm vody a můžete začít s experimenty.

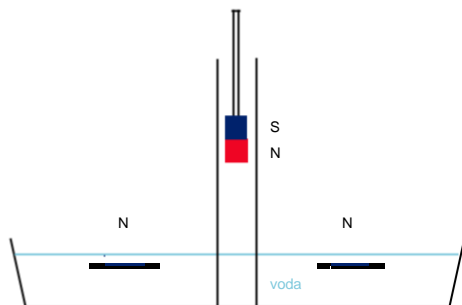
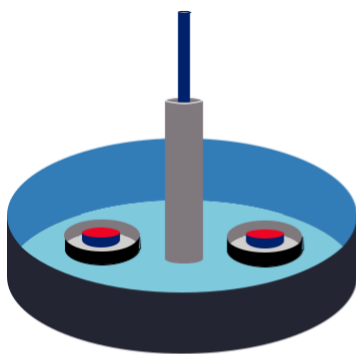


Nejprve položte na hladinu jeden plovák s magnetem orientovaným vodorovně. Natočí se jako magnetka kompasu v severojižním směru. Pak přibližujte druhý různě orientovaný magnet z boku k misce a zkoumejte chování plovacího magnetu. Pak změňte orientaci plovacího magnetu na svislou a zopakujte.

V několika dalších pokusech budete hledat nejrůznější rovnovážné polohy soustavy magnetů. Pokládejte na hladinu plováky s magnety souhlasně orientovanými vzhůru. Budou se vzájemně odpuzovat. Sledujte, jaké zaujme rozmístění 2, 3, 4, ... magnetů. Vždy, když dosáhnete stabilního rozložení, umístěte do středu další. Pokud bude jeho poloha také stabilní, zkuste ji mírně narušit vnějším silovým působením magnetem, který držíte v ruce. Zakreslete stabilní rozmístění magnetů.



Z misky odstraňte všechny kališky s magnety a doprostřed umístěte svisle trubku s magnetem uvnitř. Magnet musí být posunovatelný a orientovaný ve svislém směru. Můžete ho zavinout do papíru nebo látky a připevnit na tyčku. Budete jím moci pohybovat ve svislém směru a přitom bude držet ve zvolené poloze. Trubka musí být z nemagnetického materiálu, nejlépe z mědi, mosazi či hliníku. Pokud použijete plastovou, bude třeba její dolní konec zatížit kvůli stabilitě, například ovinutím silným drátem nebo olověným páskem. Magnet posuňte do nejvyšší polohy, několik cm nad hladinou. Do misky dejte plovák s magnetem, který je orientován také svisle, ale v opačném směru. Jakou zaujme polohu? Přitahuje se ke středovému magnetu, nebo ne? Nyní opatrně posunujte středový magnet níž, k hladině. Jak se chová volný magnet? Nastavte takovou polohu, aby plovoucí magnet byl asi 5 cm od trubky. Postupně přidejte do misky další 1, 2, 3, ... magnety shodně zorientované s plovoucím. Kolik jich vytvoří stabilní uspořádání?



- Na obrázku je znázorněno 14 různých rozmístění plovoucích kališků s magnety v misce s vodou. Pokuste se zobrazená rozmístění vytvořit. Která z nich jsou stabilní?
- V kruhové misce plavou dva kališky s magnety. Uvnitř středové trubky je sloupeček magnetů na tyčce.
- Miska s plovoucími kališky v řezu. Magnety uvnitř trubky jsou orientovány opačně než v kališích.

MŮŽE MAGNET ODPUZOVAT ŽELEZO?

Už jste se přesvědčili, že magnet a magnetická látka se vždy přitahují. Jenže ono to není docela pravda. Pokud jste pozorně četli předchozí článek, tak víte, že na magnetickou látku působí síla ve směru nárůstu hustoty indukčních čar. To sice je obvykle u pólů magnetu, ale nemusí tomu tak být vždy. Chcete si to vyzkoušet?

JAK NA TO

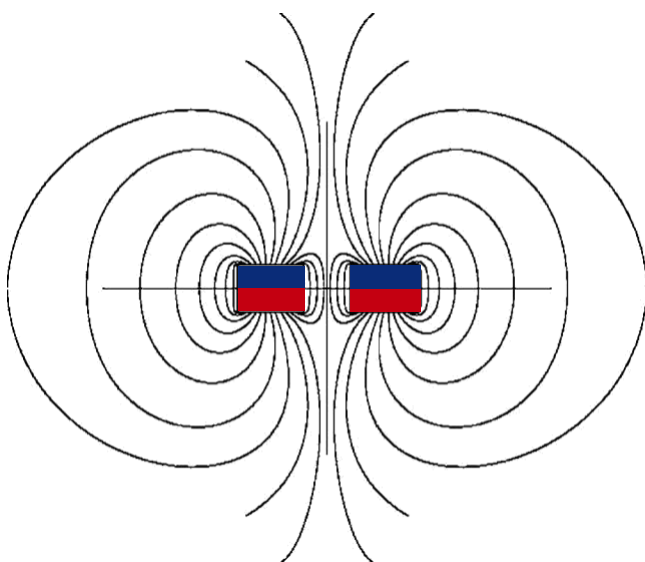
Budete potřebovat kruhový magnet s otvorem uprostřed. Pokud se vám nechce ho kupovat, dá se vymontovat ze starého reproduktoru či magnetronu mikrovlnky. Důležité je, aby póly byly na plochách disku. Dále budete potřebovat kousek železné trubičky o průměru asi 4 mm a délce okolo 2 cm. Otvor v magnetu vyplňte korkovou zátkou. Do středu vetkněte asi 10 cm dlouhý nemagnetický trn. Hladkou špejli, skleněnou tyčinku, měděný drát, apod. Na něj navlékněte trubičku. S překvapením zjistíte, že proti očekávání není trubička přitažena až k magnetu, ale že se vznáší dolním koncem několik mm až cm nad magnetem. Když ji přitiskneme dolů, sama se od magnetu oddálí. Zkuste magnet opatrně otočit. Co udělá trubička? Natočte magnet tak, aby trubička byla vodorovně, trochu ji posuňte a pusťte. Trubička vykoná několik kmitů kolem rovnovážné polohy.



^ Trubička z měkké oceli se vznáší nad magnetem.

➤ Trubička z měkké oceli se vznáší pod magnetem.

Jaké je vysvětlení? Za vše může tvar magnetického pole znázorněný na obrázku a to, že trubička se může pohybovat jen v ose magnetu. Když podrobně prozkoumáte průběh indukčních čar, zjistíte, že v malé vzdálenosti nad rovinou pólu je místo, kde pole mění směr a tímto bodem neprochází žádné indukční čáry. Naopak směrem nahoru i dolů jejich hustota roste. Pokud trubička leží mezi dvěma místy s různou hustotou indukčních čar, bude na ni působit magnetická síla ve směru nárůstu hustoty čar, třeba i od magnetu.



JAK SILNÝ JE MAGNET

Porovnávání magnetů podle „síly“ je komplikovaná záležitost. V podstatě nás u magnetů zajímají dvě věci. Jak velkou sílu magnet vyvine při přitahování nebo odpuzování a jak daleko sahá účinek sil jeho magnetického pole.



JAK NA TO

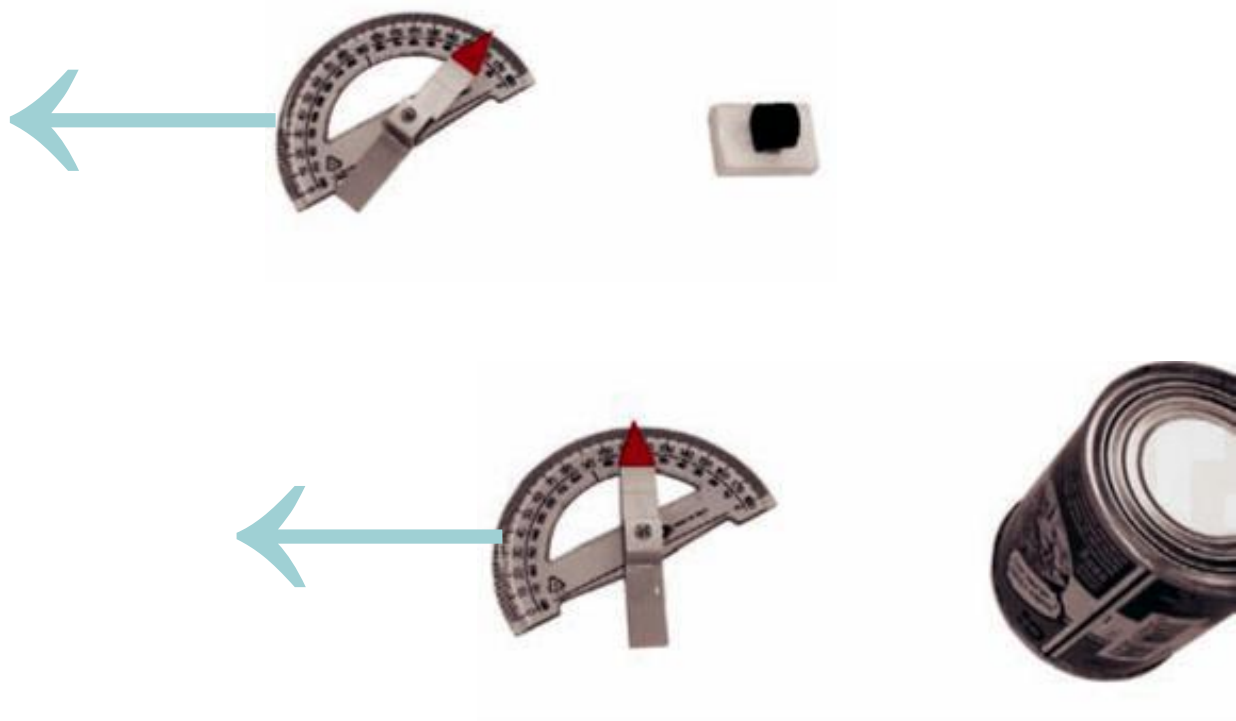
Zkuste udělat jednoduchý experiment. Připravte si kulatý nástěnkový feritový magnet a několik ocelových mincí přibližně stejného průměru. Vyzkoušejte, jakou silou bude přitahovat magnet minci, když jej k ní přiložíme z boku. Na kulaté plochy magnetu, kde se nacházejí jeho póly, přiložte po jedné minci. Magnet s nimi tvoří jakýsi sendvič. Nyní zkuste, jakou silou přitahuje takto upravený magnet další minci. Síla je několikrát větší než v prvním případě. Vlastní magnet a mince na pólech vytvářejí s přitahovanou mincí uzavřený magnetický obvod, ve kterém je soustředěna značná část magnetického pole vytvářeného magnetem. Magnetický obvod je vždy tvořen magneticky měkkou látkou schopnou se silně magnetizovat. Je-li magnetické pole dobře uzavřeno, má velmi nízkou energii a na přerušení obvodu je zapotřebí velká práce. Stejně tak fungují všechny magnetické příchytky dveří nábytku. Na dvířkách je jedna část magnetického obvodu, ve skřínce zbývající a magnet. Při zavření dvířek se obvod uzavře a dvířka pevně drží. Takže to, kolik magnet unese, je do značné míry určeno dokonalostí magnetického obvodu, ve kterém se magnet nachází. Velmi silné RE magnety v dobrém obvodu udrží závaží mnoho kilogramů.

➤ Vpravo je klasická nábytková magnetická příchytka. Kvádrový feritový magnet mezi dvěma silnými plechy z magneticky měkkého materiálu. Vlevo je model příchytky z nástěnkového magnetu a ocelových mincí.

➤ Dva kroužky z RE magnetů unesou 20 kg těžké litinové závaží.



Má-li magnet okolo sebe magnetický obvod, soustředí se v něm převážná část magnetického pole a v okolí jsou účinky magnetu mnohem slabší. To se dá ukázat následujícím experimentem. Potřebujete kompas, asi 5 malých feritových magnetů a malou plechovku, třeba od masové konzervy. Plechovka musí být jen tak velká, aby se do ní vešel sloupeček feritů. Důležité je, aby byla z feromagnetického materiálu. Podložíme vodorovně umístěný sloupeček feritů třeba krabičkou od sirek nebo kouskem polystyrénu a zajistíme ho proti pohybu třeba přilepením lepicí hmotou. Pak přiblížíme kompas tak, aby se magnetka značně vychýlila (45° – 60°). Ferity přiklopíme plechovkou. Výchylka magnetky se zmenší, protože magnetické pole je uzavřeno plechem a v místě kompasu je slabší.



❖ Šipka ukazuje původní polohu magnetky (severní směr).
Feritový magnet svým polem odklání magnetku téměř o 70° .

❖ Po přiklopení plechovkou z feromagnetického materiálu se výchylka magnetky zmenšila na 25° .

DOČASNÁ MAGNETIZACE

Většinu jevů spojených s dočasnou magnetizací si můžete vyzkoušet na ocelových mincích. Buď na českých korunách, nebo na 5 centových euromincích. K magnetování použijeme kulaté feritové magnety, kterými se připevňují papíry na nástěnky. Nejlépe válečky o průměru 25 mm a výšce 8 mm.

JAK NA TO

Nejprve zkuste přiblížit k sobě samotné mince. Nijak na sebe nepůsobí. K jedné přiblížíme magnet. Dychtivě k němu přiskočí. Zmagnetovala se a stala se magnetem. Oddělte ji a přiblížte k ostatním. Opakuje se výchozí situace. Nijak na sebe nepůsobí. Mince je magnetem jen po tu dobu, co se nachází u magnetu. Stává se dočasným magnetem. O látkách, které se tak chovají, říkáme, že jsou magneticky měkké. Když se mince zmagnetuje a je sama magnetem, přitahuje další mince. Vyzkoušejte, kolik mincí magnet unese. A co když magnet nebude jeden, ale dáte jich více na sebe? Co se stane, když budete mince pod magnetem opatrně oddalovat?



^ Vzájemně se přitahující mince těsně pod magnetem. Jeden magnet udrží řetízek několika mincí.

"" Vzájemně se přitahující mince vzdalované od magnetu. Při vzdalování mince odpadávají od spodu.



Sestavte z magnetů dva sloupečky asi po pěti magnetech. Sloupečky orientujte nejprve souhlasně, pak opačně. Kdy unesou delší sloupeček mincí? Aby se vám vzájemně neodpuzovaly, stáhněte je k sobě páskem papíru nebo lepicí páskou.



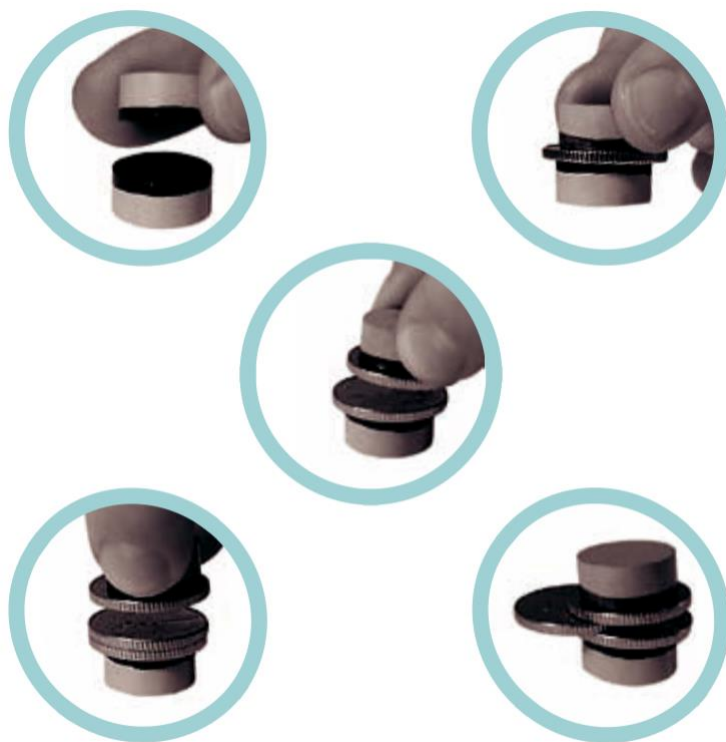
⚡ ⚡ Řetízky mincí jsou zmagnetovány shodně a vzájemně se odpuzují.

⚡ ⚡ Řetízek mincí nad magnetem. Magnet zdola magnetizuje mince, které se vzájemně přitahují větší silou, než k magnetu.

⚡ Dva nesouhlasně orientované sloupce feritových magnetů v papírovém obalu silně přitahují jedinou minci. Další se již nepřitáhne. Magnetické pole je uzavřené přes první minci a dále již prakticky nezasahuje.

⚡ Dva souhlasně orientované sloupce feritových magnetů v papírovém obalu přitahují dlouhý sloupec mincí. Magnetické pole je vedené mincemi, které se vzájemně magnetizují. Nicméně první mince je přitahována menší silou než v případě nesouhlasně orientovaných magnetů na následujícím obrázku.

Mohou se k jedné minci přitáhnout dva magnety souhlasnými póly? Zkuste to. Provedte celou sérii malých experimentů, které když dobře promyslíte, umožní vám pochopit, jak se magnetizuje látka v poli více magnetů. Budete potřebovat tři feromagnetické mince, nejlépe české korunové mince a dva kulaté nástěnkové ferity. Důležité je, aby mince měla o něco větší průměr než magnety. Na stůl položte jeden magnet, do prstů uchopte druhý a přiblížte je k sobě stejným pólem. Odpuzují se. Pak na ležící magnet položte minci a pokus zopakujte. Nyní oba magnety drží mince uprostřed.



Pak položte na spodní magnet dvě shodné mince. Po přiblížení magnetu v prstech se vrchní mince k němu přitáhne a magnety s mincemi se budou již dále odpuzovat. A co se stane, když přiložíme ještě jednu minci? Vyzkoušejte.

V případě posledního uspořádání dojde k tomu, že prostřední mince vyskočí do strany směrem, kde je vysoká hustota magnetických indukčních čar. Soustava za-ujme stabilní uspořádání ve tvaru jako na obrázku.

ZAPÍNÁNÍ PROUDU MAGNETEM

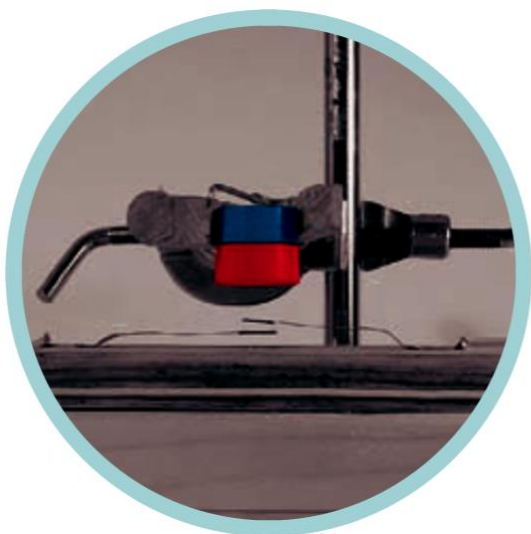


Na vzájemném přitahování zmagnetovaných předmětů je založeno jazýčkové relé. Ve skleněné trubičce jsou dva pásy z magneticky měkkého kovu. Přiblížíte-li k jejich koncům magnet jedním pólem, zmagnetují se souhlasně a vzájemně se ještě více odpudí. Naopak, přiblížíte-li magnet rovnoběžně s pásy, zmagnetují se opačnými póly a přitáhnou se. Dojde ke kontaktu, obvod je uzavřen a proud může procházet. Můžete si snadno vyrobit model takového relé

JAK NA TO

Základem bude malé prkénko, na které přibijete malými hřebíčky dva tenké pásy z měkké oceli. Vyhoví tenký pocínovaný konzervový plech. Důležité je, aby se pásy snadno magnetizovaly a naopak, jakmile přestane působit vnější magnetické pole, aby se přestaly přitahovat. Pokud bude pásek příliš tuhý, nebude se nahýbat a relé nebude pracovat správně. K páskům připevněte vývody, kterými budete relé zapojovat do obvodu. Sestavte si jednoduchý obvod z baterie, žárovčky a modelu relé. Když k němu přiblížíte magnet ve správné poloze, relé sepne a žárovčka se rozsvítí. V praxi se jazýčkové relé spíná stejným způsobem. Například na bicyklu je takové relé použito ke snímání pohybu kola.

Kromě mechanického přiblížení magnetu lze tento typ relé spínat magnetickým polem vytvořeným proudem v cívice. Relé se vloží podélně do dutiny cívky a proudem se vytvoří magnetické pole. Kontakty se zmagnetují, přitáhnou se a může procházet proud. Relé je sepnuto. Při přerušení proudu v cívice se kontakty přestanou přitahovat a obvod se rozpojí. Vždy ale spínaný proud prochází těmi kontakty, které se zmagnetováním přitáhnou a spojí.



- ⚡ Když je magnet v těsné blízkosti kontaktů, ty se vzájemně odpuzují, neboť jsou zmagnetovány souhlasnými póly.
- Magnetické pole prochází kontakty podélně, kontakty jsou zmagnetovány opačnými póly a vzájemně se přitahují.

TRVALÁ MAGNETIZACE

Zkuste provést pokus a nůžkami, kancelářskými sponkami a magnetem. Nejprve si ověřte, že nůžky a kancelářské sponky se navzájem nepřitahují. Pokud ano, nůžky už před vámi někdo zmagnetizoval. Vy si je ale zmagnetizujete po svém. Rozevřete je a potřete obě ostří jedním koncem sloupečku několika feritů. Ostří nůžek se mag-netují souhlasně. Na obou hrotech bude stejný pól. Když je pohroužíte mezi běžné kancelářské sponky, tak se jich několik na každý konec přilípne. Nůžky se staly mag-netem. Protože ale obě ostří jsou zmagnetována souhlasně, sponky se vzájemně budou odpuzovat. Zavřete nůžky a ověřte, že stále přitahují sponky.

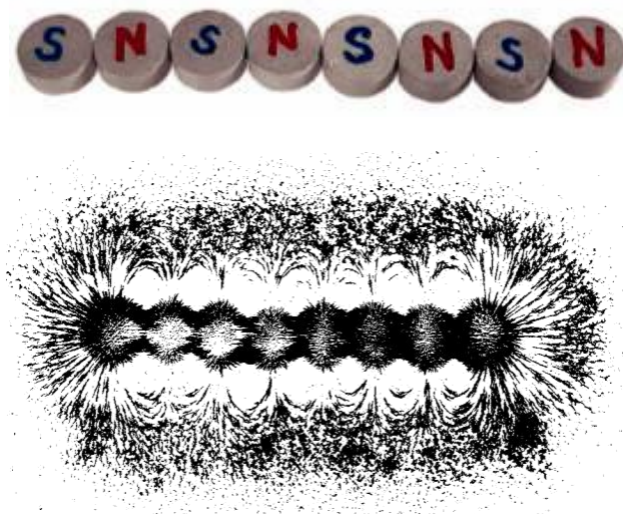
Změňte situaci tak, že jedno ostří zmagnetujete jedním pólem magnetu, druhé opačným. Jak se nyní chovají sponky? A co se stane, když nyní pomalu ostří nůžek zavřete? Přitahují se sponky i nadále? Co se změnilo? Dopadlo to stejně jako na obrázku?

Některé látky po zmagnetování zůstávají zmagnetizované a dál se chovají jako trvalý magnet. Takovým látkám říkáme, že jsou magneticky tvrdé. Zkuste nalézt nějaké magneticky tvrdé látky ve svém okolí. Nejspíše naleznete předměty vyrobené z tvrdé oceli. Kuchyňský nůž, pružinka z propisovačky, plátek pilky, vrták, pilník, odlamovací modelářský nůž, drát z deštníku, jehla, ...



⚡ Magnetování nůžek.

- ⚡ Kancelářské sponky přitažené zmagnetovanými nůžkami. Na jednom hrotu je severní a na druhém jižní pól magnetu. Při uzavření nůžek se uzavře také magnetické pole a sponky odpadnou. Navenek se nůžky chovají, jako by vůbec nebyly zmagnetované.



Když je nějaký předmět zmagnetovaný, dá se nějak vrátit do původního stavu? Může přestat být magnetem? Ano jde to. Tomuto procesu říkáme demagnetizace a u malých předmětů nebývá složitá. Zkuste to a připravte si jednoduchý demagnetizér. Z malých feritových magnetů složíte sloupeček tak, že na bocích se střídají póly. Můžete použít jak válcové, tak i kvádřové magnety. Zabalte je do papíru a získáte kvádřík. Zmagnetovaný předmět, například nůžky, přiložte ke kvádříku ze strany střídajících se pólů a několikrát přetáhněte. Pak přiložte předmět zboku a znovu přetáhněte. Pokud je předmět ještě trochu zmagnetovaný, vložte mezi kvádřík a předmět několik mm silnou nemagnetickou vložku klínového tvaru, třeba z prkénka nebo plátku polystyrenu a opakujte. Důležité je, aby se předmět pohyboval v proměnném a ještě lépe slábnoucím poli. V praxi se používá dokonalejší cívkový demagnetizér. Předmět vložíme do cívky, do které přivedeme střídavý proud, jehož velikost postupně zmenšíme na nulovou hodnotu, nebo předmět pomalu od cívky oddalujeme. Tohoto se využívá při odmagnetování stínítka klasického monitoru nebo barevné televizní obrazovky. Kolem stínítka je cívka, do které se pouští po krátkou dobu střídavý proud, jehož hodnota rychle klesá.

- ❖ Řada magnetů (nahore) s vyznačenými póly vytvářejícími magnetické pole se střídavou orientací magnetických indukčních čar. Tvar pole zachycuje pilinový obrazec. Jestliže se nějaký předmět pohybuje nad, nebo podél řady magnetů, nachází se v proměnném magnetickém poli. Při současném oddalování předmětu se dosáhne slábnoucího proměnného pole, které je vhodné pro odmagnetování trvale zmagnetovaných feromagnetických předmětů.

- Pokud chcete rychle odmagnetovat např. nůžky, pak jimi pohybujeme nad řadou magnetů po šikmé ploše klínu z nemagnetické látky. Na obrázku (dole) jsou magnety zabaleny v papíru pod klínem z polystyrenu.



KOMPAS

Kompas umožňuje určit severní směr, případně úhel mezi zvoleným směrem a severem – azimut. Základem je magnetka, čili volně otáčivý magnet s přijatelným tlumením a stupnice pro měření úhlů. Způsobů, jak magnetku vyrobit, je mnoho.

MAGNETKA Z JEHEL

Z plastické fólie, např. z víčka od pomazánkového másla nebo z vaničky od zmrzliny vystříhnete asi 6 mm široký a 10 cm dlouhý pásek. Lze použít i stejný proužek tuhého papíru. Uprostřed ho propíchnete silnější jehlou a jako ložisko přicvaknete nejmenší prodávanou patentku, takovou, co nemá uprostřed díрку. Pásek ohneme podle obrázku a zespoda přilepíme lepicí páskou dvě jehly. Po zmagnetování budou sloužit jako magnetka. Stojánek vytvoříte z plastového úhloměru. Využijte toho, že má uprostřed otvor, do kterého zalepíte rychleschnoucím lepidlem hrotem vzhůru špendlík zkrácený na délku asi 15 mm. Úhloměr vlepíte do vnitřku kulaté krabičky od sýra. Střelka kompasu bude lépe chráněna před vnějšími vlivy. Jehly zmagnetujete potíráním magnetem, vyvážíte střelku posouváním jehel nebo přidáním lepicí pásky. Pokud váš kompas špičkou ukazuje k jihu, přemagnetujte magnetku.

MAGNETKA Z MALÝCH MAGNETŮ.

Potřebujeme dva co nejmenší feritové magnety, válečky o průměru cca 5mm, umělohmotné brčko a patentku. Brčko podélně rozstříháme, uprostřed propíchneme a zacvakneme patentku. Do vnitřku, symetricky od středu, vsuneme a po vyvážení kapkou lepidla zajistíme souhlasně orientované feritky. Vyzkoušejte vhodnou vzdálenost magnetů od osy. Sestavenou magnetku umístíme na stejnou osičku jako v předchozím případě.





MAGNETKA Z NÁSTĚNKOVÝCH FERITŮ

Už jsme si ukázali, jak lze určit severní pól magnetu. Stačí mezi dva ferity vložit konec tenké nitky, a za druhý konec je zavěsit. Severní pól se natočí k severu. Zavešování není vždy nejšikovnější. Zkuste vyřešit problém otáčení feritů jednodušeji. Použijte lehkou hliníkovou mističku. Hodí se kalíšek od čajové svíčky nebo obal z odlehčené konzervy paštiky či pomazánky. Důležité je, aby byl co nejmenší, snadno tvarovatelný a lehký. Uprostřed dna vytlačte tupým předmětem malý důlek. Na stěny kalíšku nechte přicvaknout dvě dvojice magnetů. Všechny stejným směrem. Tím vytvoříme magnetku. Na podložku z kusu tuhého kartonu připevníme plastelínou nebo plastickou gumou starou náplň propisovačky jako osičku. Ložisko bude tvořeno hrotem propisky v důlku. Nepřítlačujte mističku příliš, aby nedošlo k protržení měkkého plechu. Pro některé jednoduché pokusy toto uspořádání docela postačí.

PLOVOUCÍ MAGNETKA

Vytvořte magnetku, která plave na vodě. Připravte si talíř, nebo větší mělkou nemagnetickou misku s vodou. Magnetku uděláte z jakéhokoli malého zmagnetizovaného kousku oceli. Jehly, ocelového hřebíčku, náhradní čepele odlamovacího nože, listu pilky, malého vrtáčku, apod. nebo můžete použít několika malých feritů. Postačí je-den, ale vyzkoušejte různé varianty. Magnetka musí na něčem plavat. Použijte např. kousek polystyrenu.



❖❖ Magnetky zespoda.

- ❖ Kompas z kulatých feritů na mističce, plovoucí magnetka z feritového magnetu v kalíšku a plovoucí magnetka z ocelového odlamovacího nože v kousku polystyrenu.

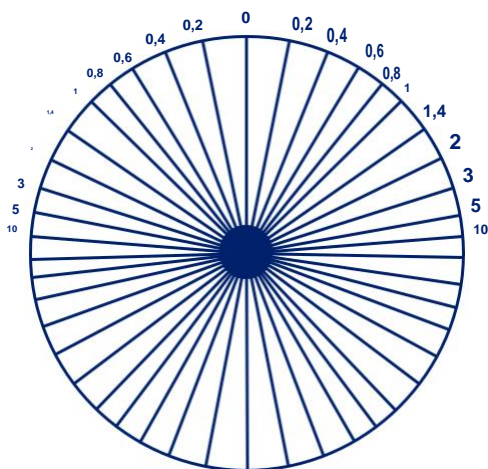
MAGNETOMETR

Určitě jste už někdy slyšeli o poruchách magnetického pole. Například Slunce při zvýšené aktivitě vyvrhuje do vesmíru obrovské množství elektricky nabitých částic, které při průletu kolem Země narušují její magnetické pole. Díky tomu se mohou v dálkových potrubích nebo linkách elektrického napětí indukovat značné elektrické proudy, které vedení mohou poškodit. Velká množství železné rudy způsobují poruchy – anomálie magnetického pole a tak lze odhalit i její ložiska hluboko pod zemí. Také velké námořní lodi díky magnetickému trupu značně mění magnetické pole v okolí a tak nechtěně mohou svou přítomností spustit odpalovací mechanismus magnetických min. Zkuste si, jak malé změny magnetického pole vůbec můžete registrovat.

JAK NA TO

Postavte si magnetometr. V té nejjednodušší variantě jde v podstatě o citlivý kompas. Pro větší změny postačí obyčejný komerčně či vlastnoručně vyrobený.

Nastavte kompas severojižním směrem tak, aby výchylka střelky byla nulová, pak přiblížte magnet. Magnetické pole Země se složí s polem magnetu a střelka se pootočí do výsledného směru pole. Výchylka bude největší, když přidávané magnetické pole bude mít vodorovný směr kolmý k zemskému. V tom případě poměr velikostí magnetické indukce pole magnetu B a zemského pole B_z je roven tangenti odchylky α . $B = B_z \cdot \tan \alpha$. Hodnotu B_z můžete nalézt v tabulkách, je přibližně $2 \cdot 10^{-5}$ T (dvě stotisíciny Tesla). $\tan \alpha$ vypočtete na kalkulačce. Můžete tak přímo vypočítat, jak silné pole vytvoří daný magnet. Kdo nechce počítat, může si vyrobit stupnici kompasu nikoli ve stupních, ale přímo v tangenti úhlu podle obrázku. Číslo na stupnici pak udává, kolikrát je magnetické pole magnetu silnější než magnetické pole Země.



Můžete si ale vyrobit i mnohem citlivější zařízení, kterým zjistíte malé odchylky od zemského pole. Budeme potřebovat prázdnou 0,5 l čirou PET láhev, korkovou zátku, lehké malé zrcátko z pokoveného plastu (v nouzi střípek skleněného zrcátka nebo odřezek CD), silnější měděný drát, plátek hliníkového plechu a dva stejné malé RE magnety. Jejich rozměry by měly být jen několik mm. Vhodné jsou například magnety ze čtecí hlavičky CD ROM. Dále budeme potřebovat hodně tenké umělohmotné vlákno. Tady je i nejtenčí vlasec dost silný. Nejlépe je získat vlákno roztřepáním umělohmotné nitě. Stačí délka okolo 10 cm. Z plechovky od nápoje odstříháme hliníkový plíšek asi 1 cm široký a 6 cm dlouhý. U jednoho konce přilepíme konec vlákna, o trochu níž zrcátko a prostředek necháme stisknout dvěma magnetky. Zátku PET lahve podélně prořízneme asi do poloviny a vložíme měděný drát, na jehož dolním konci jsme udělali malé očko a na horním větší. Do malého oka zalepte konec vlákna a zátku zasuňte do láhve.



Připravte si podstavec z prkénka nebo vícevrstvé vlnité lepenky. Na něj připevněte láhev a zdroj světla. Dobré výsledky poskytne jen laserové ukazovátko. Není-li jiná možnost, lze použít i silnou baterku, ale pak musíte pracovat v temné místnosti. Až se celý systém uklidní, namíříte paprsek světla na zrcátko.

Odražený paprsek necháte dopadnout na stínítko vzdálené aspoň dva metry. I ne-patrná natočení magnetky se zrcátkem způsobí výrazný pohyb světelného bodu na stínítku. Zkuste, jak moc ovlivníte polohu bodu přibližováním různých magnetických či dokonce zmagnetovaných předmětů k magnetometru.

Kmitavý a kymácivý pohyb systému magnetky se zrcátkem je možné tlumit vhodnou kapalinou. Trochu jí nalijeme do láhve a spustíme plíšek tak, aby dolní konec zasahoval několik mm do kapaliny. Na vyzkoušení postačí voda, lepší je řidký olej, například používaný v dětské kosmetice nebo v olejových lampách. Pokud nechcete používat kapalinu, přilepte na dolní konec co největší lístek tenkého papíru. Bude působit jako vzduchové tlumení.

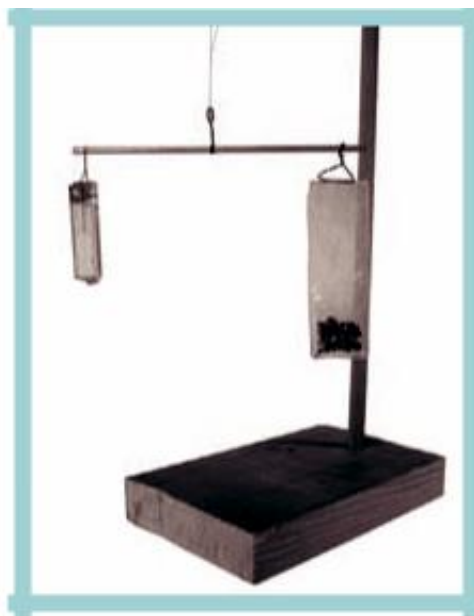
⚡ Sestava laseru, magnetometru a stínítka se stopou odraženého paprsku.

PARAMAGNETICKÉ A DIAMAGNETICKÉ LÁTKY

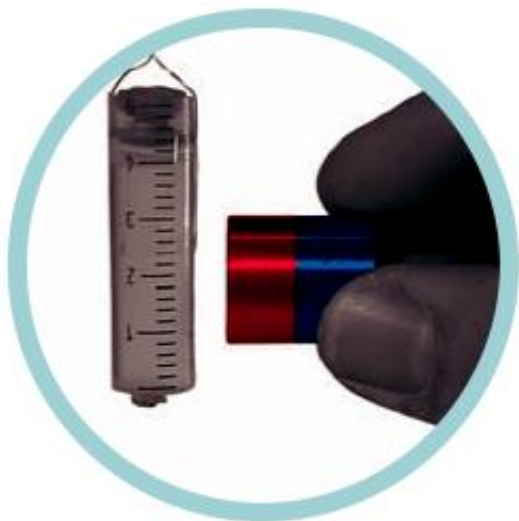
Když jste zkoušeli, jestli se některý předmět přitahuje k magnetu, došli jste k závěru, že jsou dva typy látek: magnetické a nemagnetické. Ty první se přitahují k magnetům a druhé ne. Skutečnost je však mnohem složitější. Každá látka má nějaké magne-tické vlastnosti a magnet na ni působí nějakou silou. A dokonce to vůbec nemusí být síla přitažlivá. Jen je velmi malá a při hrubých experimentech nepozorovatelná. Zkuste odhalit, jak se skutečně látky chovají v magnetickém poli. Budete samo-zřejmě zkoumat jen takové látky, které jsou zdánlivě nemagnetické.

JAK NA TO

Připravte si velmi silný magnet. Vyhoví jen velký RE magnet, například z pevného disku PC. Pak si sestavte torzní vážky. Na dostatečně vysoký stojan přivažte tenký nejméně 40 cm dlouhý a nejvýše 0,1 mm silný vlasec s očkem na konci. Na něj zavěste vahadlo ze 20 cm dlouhé špejle s háčkem z tenkého měděného drátku uprostřed. Na konce špejle zavěste na nitky nebo na měděné drátky zkoumané



 Torzní vážky pro zkoumání magnetických vlastností látek se zavěšenými vzorky vody a cínu.



předměty. Pokud nejsou stejně těžké, vyvážíte vahadlo posunutím těžšího předmětu k závěsnému háčku. Pro zkoumání drobných předmětů, sypkých materiálů, ale i kapalin, jsou velmi vhodné malé polyetylenové zipové sáčky. Trvalejší vzorky kapalin je lepší uzavřít do malých plastových nádobek, např. od injekční stříkačky. Optimální hmotnost vzorku je okolo 5 gramů, to je asi jako hmotnost pětikoruny. Zavěšené vzorky necháte uklidnit. V místnosti nesmí být průvan a i dýchat je nutno tak, aby se vážky nedávaly do pohybu prouděním vzduchu. Silný magnet přiblížíme ve vodorovném směru kolmém na vahadlo středem co nejtěsněji ke zkoumanému materiálu. Pokud bude působit slabá přitažlivá síla, předmět se bude k magnetu přibližovat.

V opačném případě vzdalovat. Látky, které se slabě přitahují k magnetu, nazýváme paramagnetické, ty, které se od něj odpuzují, diamagnetické. Mezi diamagnetika patří voda, uhlík, cín, vizmut. Paramagnetická je třeba modrá skalice nebo hypermangan. Prozkoumejte látky ve svém okolí, cokoliv, co vás napadne – cukr, sůl, měděný drát, cínovou pájku, kuličku hroznového vína, zlatý řetízek, kousek křemene. Někdy se stane, že látka, která by měla být diamagnetická, se k magnetu přitahuje. Nejčastěji to způsobují nepatrné příměsi feromagnetické látky.

❖ RE magnet je třeba přiblížit těsně ke zkoumanému vzorku, ale nesmí se ho dotýkat. Všechny součásti torzních vah musí být z nemagnetických materiálů, plastů, dřeva, mědi, mosazi, hliníku. Na obrázku je vzorek vody v plastové nádobce od injekční stříkačky 5ml.

DIAMAGNETICKÁ LEVITACE

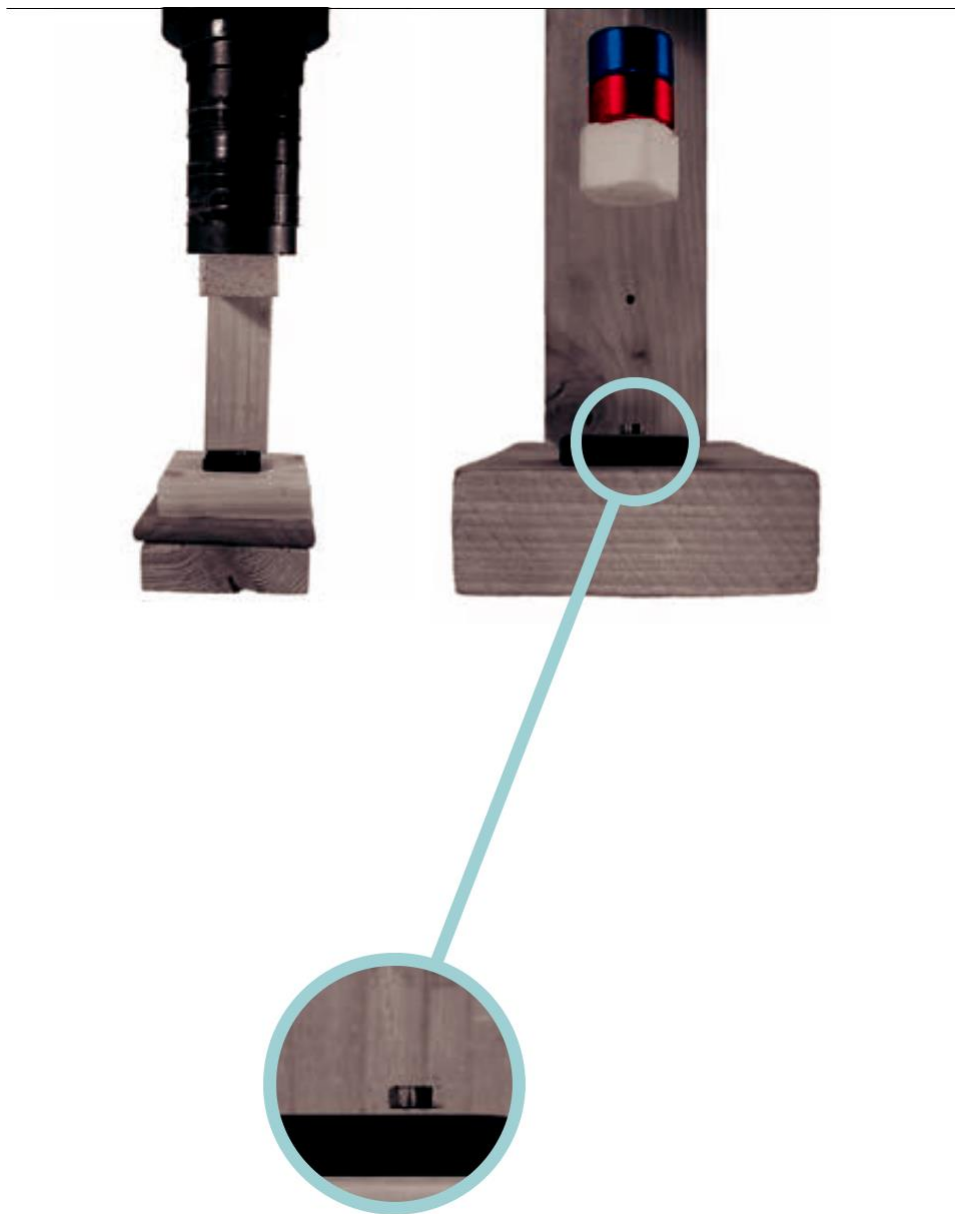
Levitace je téma, které odedávna lidi zajímalo. Moci se bez námahy vznášet, překonat gravitaci! V literatuře a na internetu naleznete fotografie levitujících magnetů nad supravodičem. K tomu je potřeba speciálních materiálů a tekutý dusík. Existuje však i možnost, kterou příroda nabízí v podobě diamagnetických látek. Magnetická síla odpuzující vzájemně diamagnetikum a magnet je ale velmi slabá a k tomu, aby se v magnetickém poli vznášel nějaký reálný předmět, musí být magnetické pole nesmírně silné. K tomu ani RE magnety nestačí. Tak silné jsou jen supravodivé elektromagnety. V jejich magnetickém poli se pak mohou vznášet třeba předměty obsahující vodu, kousky zeleniny, ovoce, nebo malá žabka.

Přece však je možnost, jak si můžete sami podobné zařízení pro diamagnetickou levitaci sestavit.

JAK NA TO

Základem je co nejlepší diamagnetikum. Nejsnáze dostupný je uhlík. Z něho se vyrábějí kartáčky běžných komutátorových motorů. Lze je zakoupit v obchodě s do-mácími spotřebiči, jako náhradní díl do vysavače, mixéru či vrtačky. Čím větší, tím lepší. Zakoupený uhlík má měděný vývod s kontaktem a ocelovou pružinku. Kontakt odstříhneme, pružinka vypadne a zůstane kvádřík uhlíku s měděným lankem, které nevadí a může se ponechat. Vyzkoušejte si postupem popsaným v přecházejícím článku, zda uhlík je silně diamagnetický. Uhlík od některých výrobců může být totiž znečištěn feromagnetickými příměsemi a pak se bude i přes svou vlastní diamagne-tičnost k magnetu přitahovat.

Pak si připravte držák s velkým magnetem, který lze posouvat ve svislém směru. Pod velký magnet umístíte kvádřík uhlíku a na něj položíme maličký RE magnet. Platí, že čím menší, tím lepší. Důležité je, aby byl orientován stejně jako velký magnet nad ním. Velký magnet pomalu opatrně posunujeme dolů, až síla, která přizvedává malý RE magnet se téměř vyrovná jeho tíze. V tom okamžiku velmi slabé diamagnetické odpuzování mezi magnetkem a uhlíkem nadzvedne RE magnet několik desetin mm nad povrch uhlíku. Nastavení bodu rovnováhy je velmi citlivé a stabilita této polohy je velmi malá. Při nastavování horního magnetu je často dolní magnetek doslova vy-mrštěn magnetickou silou vzhůru. Střet obou magnetů je velmi prudký, a protože RE magnetek je značně křehký, snadno se při tom roztříští. Ztlumení nárazu dosáhnete nalepením vrstvy polystyrenu na dolní plochu horního magnetu.



⚡ ⚡ Sestava magnetů pro diamagnetickou levitaci. Vlevo je malý RE magnet nadlehčován mohutným sloupem z feritových reproduktorových magnetů, vpravo je dosaženo stejného účinku dvěma RE magnety o průměru cca 15 mm.

⚡ Levitující RE magnet nad kvádrem z uhlíku.

MAGNETKA A PROUD

Nejprve si zkuste základní pokus, při kterém roku 1820 H. Ch. Oersted objevil souvislost mezi proudem ve vodiči a magnetickým polem.

JAK NA TO

Na podložku položte kompas a ve směru magnetky přes něj ved'te vodič. Vodič i magnet přichyťte k podložce lepicí hmotou nebo lepicí páskou.

Ke koncům vodiče připojte baterii. Nejlépe monočlánek 1,5 V nebo plochou baterii 4,5 V. Rozhodně nepoužívejte dobíjecí akumulátorky ani 9 V destičkovou baterii nebo knoflíkové články. Baterie je vodičem zkratována a obvodem prochází zkratový proud, který by uvedené zdroje nejspíše zničil. Monočlánek se tímto proudem poškozuje mnohem méně. Vodičem protéká proud několik ampérů a kolem něj je znatelné magnetické pole. Magnetka změní směr. Při otočení baterie se změní směr proudu a tedy i směr sil vychylujících magnetku. Když zapojíte do série s vodičem žárovku omezující velikost proudu, bude výchylka mnohem menší. Vyzkoušejte.



TANGENTOVÁ BUSOLA

Větší výchylky magnetky i při malých proudech se dá dosáhnout tím, že vodič vedeme kolem kompasu ne jednou, ale vícekrát. Je potřeba namotat cívku a kompas do ní vložit. Čím více závitů bude cívka mít, tím silnější magnetické pole vytvoří a výchylka bude znatelná i při malém proudu. Pokud by cívka byla kruhová, pak magnetická indukce v jejím středu bude mít velikost

$$B = \frac{20 \cdot \pi \cdot N \cdot I}{r}$$

⚡ Magnetka vychýlena o 70° od severního směru (na obrázku je sever vlevo) zkratovým proudem z baterie (okolo 6A).

kde B je indukce v μT (milióntiny tesla), N je počet závitů, I proud procházející cívkou v ampérech a r poloměr cívky v centimetrech. Pro představu: Bude-li mít cívka o poloměru 6 cm 50 závitů, tak magnetka se odchýlí o 45° při proudu asi 40 mA. Mu-síte mít však vždy na paměti, že magnetka svojí výchylkou určuje jen poměr mezi magnetickým polem cívky a Země v místě, kde se nacházíte. Protože poměr indukce magnetického pole cívky a magnetického pole Země je roven tangente odchylky magnetky od severního směru, nazývá se tento přístroj tangentová busola.



GALVANOMETR

Na stejném principu jako jako využívá tangentová busola si můžete sestavit jednoduchý galvanometr – přístroj ukazující jak velký proud jím prochází.

Jak sestavit kompas už víte. Stupnici můžete zvolit buď ve stupních, nebo jako u magnetometru, v tangente odchylky. Pak potřebujete podstavec s cívkou, do které kompas vložíte. Podstavec vyříznete z polystyrenu nebo slepíte ze silné vlnité lepenky. Cívku je nejjednodušší udělat samonosnou. Nejprve si změřte, jak velký musí být vnitřní rozměr cívky, aby se do ní nechal vsunout pohodlně kompas. Máte-li kompas v krabičce od sýra, potřebujete cívku o poloměru nejméně 6 cm. K vinutí je nejvhodnější tenký měděný vodič izolovaný smaltem. Použitelný je také tenký zvonkový drát nebo třeba i vodiče z telefonního či datového kabelu. Má-li jeden závit obvod 40 cm, pak na 50 závitů budete potřebovat cca 20 m vodiče. Pro snadné navíjení je třeba si najít vhodný válcový předmět, na který se bude cívka navíjet. Vhodná je třeba velká plastová láhev, krabička od většího balení CD disků, dětský kbelíček apod. Závity navíjte co nejtěsněji k sobě. Po deseti závitech udělejte odbočku.

⚡ Cívka tangentové busoly o průměru 12 cm navinutá z kroucené dvoulinky datového kabelu s 2×25 závitů (celkem tedy 50 z).

Bude se hodit při použití ampérmetru na větší proud. Cívku převažte alespoň na dvou místech. Stáhněte z válce, na kterém jste cívku navíjeli a závity k sobě pevně stáhněte omotáním nití po celém obvodu cívky. Hotovou cívku zalepte do podstavce nejlépe tavným lepidlem. Do cívky vložte kompas a galvanometr je hotov. Přístroj po-stavte tak, aby magnetka měla směr roviny cívky (rovina cívky souhlasí se severním směrem). Sestavte obvod ze žárovky, baterie a galvanometru. Když cívkou prochází proud, magnetka se vychýlí. Nyní máte přístroj k nejrůznějším pokusům, kdy můžete měřit proud. Přístroj lze pomocí půjčeného ampérmetru ocejchovat tak, že vám bude sloužit k určování velikosti proudu. Vytvořte si vlastní elektrický článek z kousku alobalu a desetikoruny (euromince o hodnotě do 5 centů) mezi které vložte hadřík nebo savý papír napuštěný slabou kyselinou. Třeba octem nebo šťávou z citrónu. Vývody galvanometru připojte přímo k jednotlivým kovům. Mezi mincí a alobalem vzniká napětí, a když obvod uzavřete přes cívku galvanometru, vzniká proud, který svým magnetickým polem vychýlí magnetku.



- ⚡ Tangentová busola použitá jako ampérmetr. V obvodu je v sérii zařazena cívka busoly, žárovička, svítivá dioda, baterie 1,5 V a digitální ampérmetr. V daném místě při proudu 31 mA je výchylka magnetky 38°.

ELEKTROMAGNET



Elektromagnet vytváří magnetické pole pomocí elektrického proudu. Nepotřebuje žádný stálý magnet. Základem je cívka s jádrem. Pokud v závitěch prochází proud, uvnitř cívky se vytvoří magnetické pole, feromagnetické jádro se zmagnetuje a svým magnetickým polem posílí magnetické pole vytvořené proudem. Když má cívka hodně závitů, nebo jí prochází hodně velký proud, dá se uvnitř dosáhnout mnohem silnějšího pole, než jakýmkoli stálým magnetem. Zkuste sami vyrobit malý elektro-magnet.

JAK NA TO

Velký hřebík nebo ocelový šroub omotejte asi 30 závitů izolovaného vodiče. Připojte vývody na plochu baterii. Krátký vodič vinutí o malém odporu se chová jako zkrat. Pokud bude baterie čerstvá, pak dodá proud několika ampér. Cívka se bude zahřívat. Hřebík bude trochu zmagnetovaný. K jeho konci se přitáhne několik sponek, ale moc silný magnet to není. Tak jak ho vylepšit? Šroub jako jádro není ideální, ale postačí, vhodný průměr je 8 mm až 10 mm a délka aspoň 8 cm. Více pozornosti zaslouží cívka. Čím více závitů bude cívka mít, tím silnější elektromagnet získáte. Důležitý je také použitý vodič. Nejlepší je měděný drát s lakovou izolací, v nouzi lze použít zvonkový drát nebo vodič z rozpleteného datového kabelu. V něm jsou čtyři kroucené dvoulinky, které se od sebe dají snadno oddělit. Z 1 m datového kabelu můžete získat 4 m kroucené dvoulinky a tedy 8 m vodiče. Jedno vinutí můžete vinout dvoulinkou a pak konec jednoho vodiče spojit se začátkem druhého. Tím se obě vinutí zařadí za sebe a získáte cívku s dvojnásobným počtem závitů, než jste navinuli.

Aby elektromagnet měl co největší účinky, je zapotřebí dosáhnout maximálního součinu proudu a počtu závitů a při tom maximálně využít možnosti vodiče a zdroje. Při návrhu lze uvažovat takto: Jako zdroj použijeme plochou baterii o napětí 4,5 V, ze které lze rozumně odebírat proud nejvýše 0,5 A. Jako vodič použijeme drát z datového kabelu. Měď můžete zatížit proudem asi 4 A na 1 mm². Při průměru 0,45 mm má průřez 0,16 mm² a snese proud asi 0,6 A. Každých 10 m má odpor asi 1 Ω. Aby vodičem procházel proud 0,5 A, měl by mít odpor asi 9 Ω. Vychází nám délka drátu asi 90 m. Bude-li kratší, bude trpět baterie a vodič se bude silně zahřívat. Bude-li delší, bude cívka zbytečně velká a silnější pole nezískáme, protože odpor drátu příliš omezí velikost proudu v cívce.

🔍 Kabel se čtyřmi linkami kroucené dvoulinky použitelné na vinutí cívek.



Postačí tedy asi 12 m síťového kabelu, ze kterého dostanete 4 stejně dlouhé kroucené dvoulinky. Napojíte je za sebe a máte 48 m dvoulinky (96 m vodiče). Z ní namotáte cívku elektromagnetu s odpovídajícím odporem. Pro vinutí musíte připravit pevnou kostru z papírové trubičky a dvou čtvercových čel nejlépe z překližky nebo tvrzeného papíru. Papírovou trubičku získáte třeba z vnitřku roličky faxového papíru. Jednotlivé závity dobře utahujte, aby vinutí nebylo příliš volné. Při šířce vinutí 6 cm bude průměr cívky asi 6 cm. Nakonec závity proti rozvinutí zajistíte lepicí páskou. Nyní máte na cívce dvě vinutí. Při jejich sériovém spojení je celkový odpor okolo $10\ \Omega$, při paralelním asi $2,5\ \Omega$. Pak bude vhodné napájet cívku jen z jednoho mono-článku o napětí 1,5 V.

Pokud spojíte konce vinutí a proud přivedete k začátkům, cívka žádné magnetické pole nevytvoří! Vyzkoušejte. Proud procházející první polovinou vinutí vytváří opačně orientované magnetické pole, než proud, který se druhou částí vinutí vrací. Magnetické účinky proudu se tak vzájemně ruší. Hovoříme o antiparalelním zapojení vinutí cívky. Nejlépe je spojit podle návrhu vinutí sériově, konec jednoho drátu k začátku druhého. Zbývající konce tvoří vývody cívky.

Vyzkoušejte, jak silný je váš elektromagnet a porovnejte s feritovými magnety. Prozkoumejte nejen, jakou silou přitahuje mince, hřebíky, sponky, ..., ale také z jaké vzdálenosti znatelně ovlivní polohu střelky kompasu.



⚡ Navinutá cívka elektromagnetu ze 48 m dvoulinky má asi 450 závitů.

➤ Sestavený elektromagnet.

JAK SILNÉ JSOU ELEKTROMAGNETY

Sami jste si vyzkoušeli, jak silný je váš elektromagnet a zjistili jste, že to není žádná sláva. Zvětšení přitažné síly byste mohli dosáhnout několika cestami. Zvýšením součinu počtu závitů a proudu, zvětšením plochy jádra, a hlavně vytvořením kvalitního magnetického obvodu, ve kterém by se pole uzavíralo přes přitahovaný předmět.

JAK NA TO

Doma, bez speciálních nástrojů a pomůcek, toho mnoho nezlepšíte. Ve škole má učitel fyziky více možností a mohl by předvést experiment s cívkami z rozkladného transformátoru. Jde víceméně o jednoduchou stavebnici umožňující snadno sestavit celou řadu experimentů s magnetickým polem cívek. Bude potřebovat dvě cívky 1200 z, které nasadí na jádro z měkké oceli ve tvaru U. Cívky na něj upevní a zavěsí na pevný stojan volnými konci jádra dolů. Vinutí cívek propojí paralelně tak, aby se magnetická pole sčítala a připojí ke zdroji napětí. Tím může být malá tužková baterie o napětí 1,5 V. Každá z cívek má odpor asi $12\ \Omega$ a dohromady budou odebírat proud 0,25 A. Malý tužkový AA článěk vydrží několik hodin. Když se k pólům cívky přiblíží třeba šroub, nebo mince, žádná zvlášť velká síla na ni nepůsobí. Kouzlo je v tom, že nyní je třeba obvod uzavřít a k volným pólům elektromagnetu přiložit silné jádro I, kterým se magnetický obvod v jádrech uzavře. Síla potřebná k oddělení jader je nyní až neuvěřitelně velká a při uvedeném uspořádání přesahuje 350 N. Jedna tužková baterie dodává dostatečně velký proud, aby magnetická síla jím vytvořená udržela visící závaží o hmotnosti 35 kg. A to jde jen o školní pokus. V technické praxi se dosahuje v kvalitních obvodech mnohonásobně větších sil. Magnetická síla cívek elektromotorů zvedá těžká závaží, rozjíždí vlaky, ale je schopna je i zvednout do vzduchu, aby se mohly pohybovat bez dotyku s dráhou.

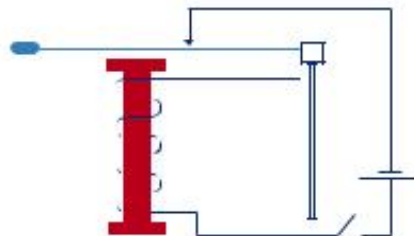


^ Díly elektromagnetu

> Elektromagnet napájený jen tužkovou baterií na obrázku nese závaží 30 kg, ale vyvíjí sílu mnohem větší, než je



ZVONEK



Elektrický zvonek u dveří je vlastně jednoduchým elektrickým strojem s elektromagnetem. Podstatou je, že proud do elektromagnetu přivádíme přes pohyblivý kontakt, který si elektromagnet přitahuje. Jak to funguje? Na začátku je cívka přes kontakt při-pojena ke zdroji napětí. Začne procházet proud, elektromagnet přitáhne pohyblivý kontakt. Obvod se přeruší, proud přestane procházet, kontakt se vrátí do původní polohy a obvod se opět uzavře. Tak to pokračuje v rychlém sledu za sebou. Navíc pohyblivý kontakt, kterému se říká také kotva, je spojen s paličkou, která při jeho kmitavém pohybu rozeznívá zvonek.

JAK NA TO

Na konstrukci elektrického zvonku budete potřebovat elektromagnet, pružný fero-magnetický pásek a vlastní zvonek. Třeba ze starého telefonu nebo od jízdního kola. Vlastní provedení může být opravdu velmi variabilní. Jednu z možností vidíte na obrázku. Jako jádro elektromagnetu je použit ocelový šroub, který má vysoký zbytkový magnetismus. Zůstává trochu zmagnetovaný, i když už cívkou neprochází proud. Aby pohyblivý kontakt nezůstal přitažen k jádru, nalepte na vrchol elektromagnetu malou distanční vložku. Stačí dvojitá vrstva lepicí pásky. Pro správnou funkci je třeba pečlivě nastavit vhodnou vzdálenost mezi pohyblivým kontaktem a koncem elektro-magnetu i polohu kontaktu, na kterém dochází k přerušování proudu.

Při připojování baterie je třeba si dát pozor na vývody cívky. Když cívkou přestane náhle procházet proud, na cívce se indukuje poměrně velké napětí a pokud se v té chvíli budete dotýkat obou vývodů cívky, tak ucítíte zabrnění – malou elektrickou ránu. Také můžete pozorovat přeskakování jiskřiček při každém přerušení proudu cívkou. Kontakty přerušovače se budou opalovat. V praxi se tento negativní jev potlačuje konstruováním kontaktů z ušlechtilých kovů, například ze slitin stříbra.

- 🔧 **Sestavený funkční model zvonku na prkénku.**
Všechny pohyblivé části, jejichž polohu je nutno nastavit, jsou upevněny pomocí matic na závitových tyčích. Snadno pak lze měnit jejich polohu a zkoumat, jaký bude mít vliv na funkci přístroje.

REPRODUKTOR

Reproduktor je zařízení pro přeměnu elektrického signálu na zvuk, stejně jako sluchátko. Jen má větší, lehkou membránu a vzniklý zvuk je hlasitější. Základem je vzájemné silové působení cívky s proudem a magnetu. Nabízí se tedy dvě provedení. Na membránu připevníte magnet a budete na něj působit magnetickým polem cívky. Nebo obráceně, na membránu připevníte cívku, na kterou budete působit polem magnetu. Vyzkoušejte obojí. Jako zdroj signálu je nejlepší používat sluchátkový výstup z běžného radiomagnetofonu s malým výkonem. Vždy dávejte pozor, aby při připojování cívky místo sluchátek nedošlo ke zkratu na výstupu.

JAK NA TO

Nejprve jednodušší varianta s pevnou cívku. Na podložku připevníte cívku od elektromagnetu bez jádra tak, aby její osa byla svisle. Na horní čelo cívky přilepte oboustrannou lepicí páskou čtyři malé kostičky molitanu o velikosti asi 5 mm. Na dno kelímku od velkého jogurtu (o obsahu 500 g) nebo na vhodnou lehkou např. polystyrénovou destičku přilepte z vnějšku malý RE magnet. Destičku položte na cívku a připojte ke zdroji signálu. Když cívku bude procházet střídavý proud, na magnet bude působit proměnná síla a bude rozkmitávat pružnou destičku. Ta funguje jako membrána, rozkmitává částice vzduchu a budete slyšet slabý zvuk. Účinnost je mnohem menší než u skutečného reproduktoru, a tak nemůžete počítat s velkým výkonem.

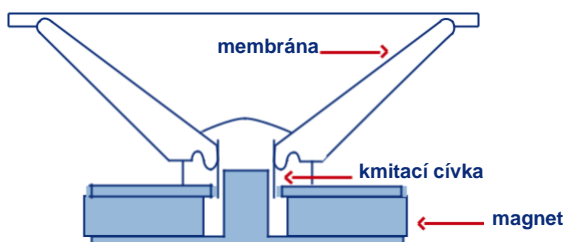


➤ Cívka a magnet reproduktoru s pohyblivou cívku.





Pokus lze také udělat tak, že k membráně připevníte malou cívku. Tu musíme namotat co nejtenčím drátem. Vodič z datového kabelu už nevyhovuje, neboť cívka musí být hodně lehká. Nejlepší je použít tenký smaltovaný měděný drát o průměru asi 0,2 až 0,3 mm. Cívka by měla mít aspoň 50, ale lépe 100 závitů. Její průměr volte podle magnetu, který máte k dispozici. Naviňte ji na váleček z papíru nebo tenkého plastu. Přilepte ji stejně jako v předchozím případě na dno kelímku, karton nebo jinou lehkou destičku. Po sestavení počítejte s tím, že magnet by měl jedním svým koncem zasahovat do dutiny cívky a při tom jí nepřekážet v pohybu. Magnet musí být co nejsilnější, nejlépe válcový RE magnet. Samotnou membránu je opět nutné pružně uložit. Zkuste změnit uspořádání pokusu a najít co nejlepší řešení. Membránu můžete udělat také z kužele papíru nebo tenké polystyrénové destičky.



Model reproduktoru s pohyblivou cívkou napájený z běžného walkmanu. Zvuk je slyšitelný i při použití běžného feritového magnetu. S RE magnetem je však mnohem hlasitější.

Řez reproduktorem

MŮŽE MAGNET VYDÁVAT ZVUKY?

Když se magnetuje magnetická látka, jde o složitý děj, který neprobíhá plynule. V látce se nacházejí ohraničené oblasti, domény, které se chovají jako malé mag-nety. Není-li látka zmagnetovaná, mají náhodnou polohu a navenek látka magnetické pole nemá. Při sílícím vnějším poli se domény se stejným směrem magnetizace rozrůstají a jiné naopak zmenšují a ztrácí. Nově zmagnetované oblasti nerostou zcela plynule, ale po maličkých skocích. Je to jako když se v pěně spojují malé bublinky ve větší. Tato skoková magnetizace se dá snímat. Látku vložíme do cívky a umístíme do pozvolna se měnícího magnetického pole. Při každém skoku magnetizace jádra se na cívce indukuje impuls napětí. Když ji připojíme na mikrofonní vstup zesilovače, budeme z reproduktoru slyšet šum a praskání. Proměnné pole vytvoříme pomalým přibližováním a oddalováním magnetu od jádra cívky. Tento experiment se dá ještě zjednodušit, máte-li k dispozici obyčejný kazetový už nepoužívaný magnetofon staršího typu, nejlépe laciný „walkman“. Vyjměte z něj kazetu a podívejte se, kde se nachází čtecí hlava. V ní je maličká cívka na magneticky měkkém jádře. Při přehrá-vání se hlava přitiskne k pásku, na kterém je informace uložená v mozaice zmagne-tovaných oblastí. Jak se malé magnetky na pásce pohybují v těsné blízkosti jádra čtecí hlavičky, tak jej magnetují a na cívce se indukuje napětí, které je dále zesíleno zesilovačem. Když magnetofon zapneme na přehrávání (bez pásky) a pomalu přibli-žujeme feritový magnet ke snímací hlavě, jádro cívky se postupně magnetuje, v cívce se indukují malé napětíové impulsy, které po zesílení slyšíte ve sluchátkách jako šum.

Neprovádějte tento pokus na drahém domácím zařízení. Pásková dráha včetně magnetofonové hlavy může zůstat mírně zmagnetovaná a pak by ji bylo nutno odmagnetovat demagnetizačním elektromagnetem.



- Poloha feritového magnetu při zkoumání skokové magnetizace magnetika. Magnet je několik centimetrů od snímací hlavy. Při pokusu jej pomalu přibližujte a vzdalujte.

JAK VYROBIT MAGNETEM ELEKTRICKÝ PROUD

Od slavného Oerstedova objevu, že elektrickým proudem se dá vytvořit magnetické pole, se řada vědců své doby snažila o opak – magnetickým polem vytvořit proud. Podařilo se to až o 11 let později Michaelu Faradayovi. Podle zákona elektromagnetické indukce (po něm pojmenovaném) se ve vodiči indukuje proud, jestliže se vodič nachází v časově proměnném magnetickém poli. Když k cívce přibližujeme stálý magnet, mění se v ní magnetické pole a na jejích vývodech lze zjistit elektrické napětí. Při spojení vývodů protéká proud. Pokud magnet bude bez pohybu, magnetické pole v cívce bude stálé a žádný proud nevznikne. Když magnet budeme od cívky vzdalovat, opět se v ní bude indukovat proud, ale opačného směru. Na tomto principu funguje dynamo na kole které dodává proud k napájení žárovky reflektoru o výkonu několika wattů. Velmi podobně se vyrábí proud o mnohem větším výkonu v elektrárnách, kde turbína otáčí silným elektromagnetem uvnitř obrovských cívek alternátoru. Jeden alternátor v elektrárně může vyrábět elektrický proud o výkonu miliardy wattů.

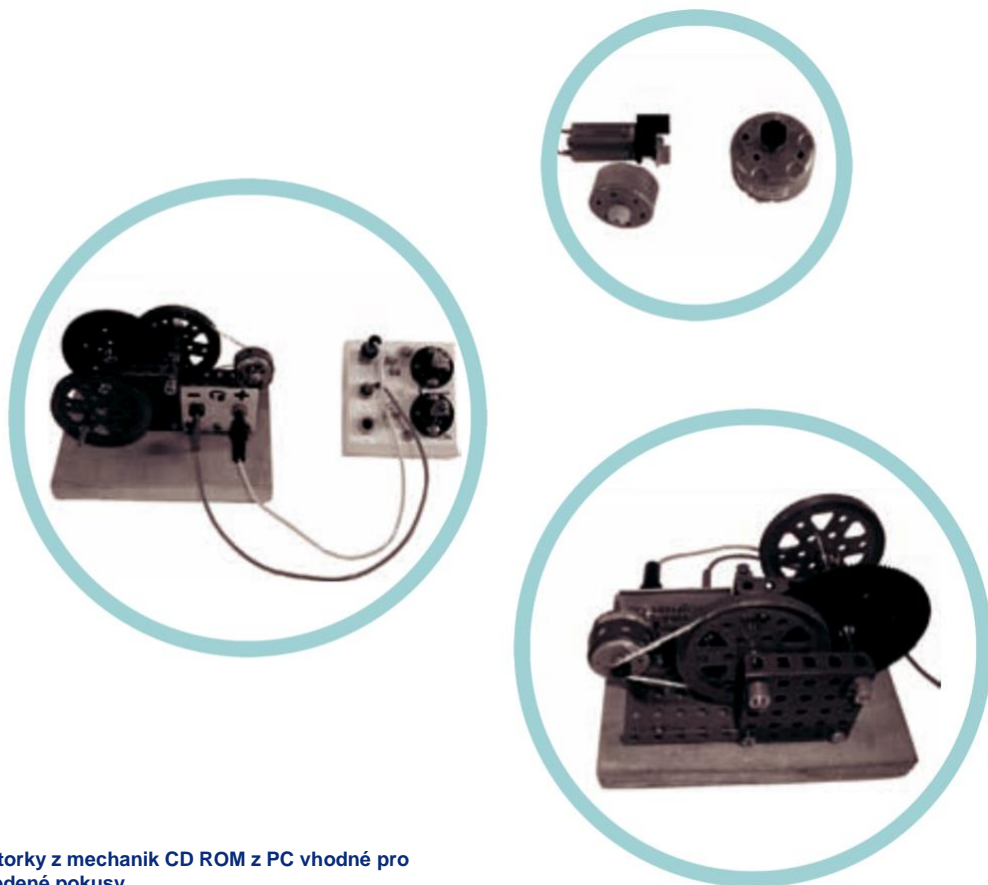


JAK NA TO

Pokud jste si vyrobili elektromagnet i tangentovou busolu, máte vše k následujícímu experimentu. Spojte vývody cívky elektromagnetu a busoly tak, aby magnetka byla od elektromagnetu dostatečně daleko. Je nutné, aby se magnetka vychylovala magnetickým polem proudu a ne pohybem magnetu. Magnetka je v klidu a ukazuje k severu. Nyní přibližte velký feritový magnet k elektromagnetu, až se přitáhne k jádru. Magnetka se trochu vychýlí. Když magnet odtrhnete, vychýlí se na druhou stranu.

- Přibližováním a vzdalováním magnetu od jádra cívky v ní indukujete střídavý proud, který rozkýve magnetku.

Při těchto pokusech vzniká jen slabý proud, který žárovčku nerozsvítí. Abyste vyrobili větší proud, potřebujete generátor. Sestrojit funkční model není jednoduchá záležitost a tak si můžete trochu pomoci tím, co technici za vás vyrobili. Použijte malý stejnosměrný motorek. Jsou všude kolem vás a určitě jste jich několik vyhodili ve starých nefungujících věcech. Z nefunkční mechaniky CD ROM vymontujete nej-méně dva, které se budou dobře točit proudem z ploché baterie. Každý takový motorek je uvnitř skoro stejný. Na rotoru jsou navinuty cívky z tenkého drátu, ke kterým se přivádí proud pomocí třecích kontaktů, kartáčků. Okolo rotoru je stator tvořený feritovým magnetem. Magnetické pole je kolmé na osu rotoru, působí silou na proud ve vodičích rotoru a tím jej roztáčí.



☞ ☞ **Motorky z mechanik CD ROM z PC vhodné pro uvedené pokusy.**

⚡ **Generátor z motorku získaného ze staré mechaniky CD ROM.**
Převody je nejjednodušší složit z nějaké dostupné stavebnice. V tomto případě posloužil starý, dobrý, léty osvědčený Merkur, který je pro podobné účely asi nejlepší. Konstrukci umístěte na prkénko, bude stabilnější a nepoškrábete vyčnívajícími hlavičkami šroubků stůl.



Zkuste několik experimentů s malým motorkem.

Připojte plochou baterii ke kontaktům motorku jedním směrem a pak ji otočte. Při změně proudu se změní směr otáčení. Všimněte si, že při zapnutí a vypnutí proudu sebou motorek trochu cukne. Poprvé znatelněji v opačném směru, než se roztáčí rotor, podruhé méně ve směru shodném s otáčením rotoru.

Připojte znova motorek k baterii, ale do série s malou žárovčkou 3,5 V/0,2 A. Moto-rek se točí, žárovka svítí málo, nebo vůbec ne. Zastavte prsty hřídel motorku. Proud vzroste, žárovka se trochu rozsvítí. Pust'te hřídelku. Motorek se roztáčí a žárovka pohasne. Při otáčení rotoru vzniká v jeho vinutí proud, který má směr opačný, než proud přiváděný z baterie.

Toho můžete využít k výrobě proudu. Stačí roztáčet mechanicky hřídel motorku a ten bude sloužit jako generátor stejnosměrného proudu. Musíte ale rychle točit hřídelkou. Pokud máte stavebnici Merkur nebo nějakou podobnou, není sestavení takového zařízení problémem. Stačí sestavit převod do rychla a pomalým otáčením převodů rukou roztáčet rychle hřídel motorku. Vyrobený proud stačí na rozsvícení malé žárovky.

Pokus s motorkem a generátorem můžete zkombinovat. Na jedno prkénko upevněte dva motorky se spojenými hřídelkami. Stačí na hřídelky navléknout kousek těsné bužírky. K jednomu z motorků připojte plochou baterii a vývody druhého připojte na malou žárovčku, postačí 2,5 V/0,18 A. Důležité je, aby jí ke svícení stačil co nejmenší proud. Baterie bude dodávat celému systému energii a roztáčet první motorek. Ten bude roztáčet druhý (generátor) a vyrobeným proudem rozsvítí žárovku. Kdybyste změřili proud a napětí na vstupu i výstupu, tak byste mohli určit účinnost tohoto sou-strojí. Pohybuje se okolo 40 %.

SPOJENÉ REPRODUKTORY

Jedním z experimentů, ve kterém se uplatňují snad všechny zákony elektromagne-tismu, je pokus se spojenými reproduktory.

JAK NA TO

Budete potřebovat dva reproduktory ze starého televizního či rozhlasového přijímače, čím větší, tím lepší. Malinkaté reproduktorky, pomocí kterých vaše PC vyluzuje nejrůznější zvuky, jsou nepoužitelné. Vzájemně je propojíte dostatečně dlouhým dvou vodičovým vedením. Dbejte, aby vodiče byly dobře připojeny, bez přechodových odporů. Nejlepší spojení je pájením. Postavte reproduktory na stůl membránou vzhůru. Na jeden z nich položte několik drobných lehkých předmětů, například kousky polystyrenu, zápalky, kousky křídly apod. Když poklepete prstem nebo tužkou na volnou membránu druhého, předměty trochu poskočí, přestože po vodičích se žádné chvění přenést nemohlo.

Jak celý děj probíhá? Reprodukter má pohyblivou membránu, k ní je přilepena válcová cívka, která se nachází v silném magnetickém poli. Když ji poklepem uvedeme do pohybu, indukuje se na ní napětí a protože cívky jsou spojeny, druhou začne procházet proud, který ji uvede do pohybu.

Vyzkoušejte také, že reproduktor může fungovat jako mikrofón. Do větší krabice dejte jeden z reproduktorů a hrající malé rádio. Krabici uzavřete a dejte ji třeba za dveře. Z druhého reproduktoru budete přijímač slyšet, počítejte ale s tím, že zvuk bude velmi slabý. Můžete také střídavě do jednoho reproduktoru hlasitě mluvit a u druhého naslouchat.



- ^ Spojené reproduktory a kousky polystyrenu. Když poklepete na pravý reproduktor, kousky polystyrenu na levém poskočí.

MAGNET A TELEVIZNÍ OBRAZOVKA

Magnet svým polem působí nejen na vodiče s proudem, ale také na každou pohyblivou elektricky nabitou částici. Když přílepnou obrovskou rychlostí od Slunce částice ionizovaného plynu, nedopadnou přímo na povrch naší planety, ale krouží podél indukčních čar magnetického pole Země a do atmosféry dopadají v oblasti magnetických pólů. Při srážkách s molekulami vzduchu se jejich pohybová energie mění na světlo, kterému se říká polární záře.



O magnetické síle působící na nabitou částici se můžete přesvědčit i doma. Po-třebujete starý ale funkční černobílý televizor nebo monitor s klasickou vakuovou obrazovkou. Obraz u všech typů vakuových obrazovek se vytváří v podstatě stejně. Obrazovka je velká vzduchoprázdňá baňka. Vzadu v nejužší části, v tak zvaném krku, je uloženo elektronové dělo. Tady se uvolňují elektrony termoemisí a vytváří se z nich uzoučký svazek. Ten je urychlen vysokým napětím až několika desítek tisíc voltů. Na-konec se tento svazek vychyluje magnetickým polem velkých cívek nasazených na krku obrazovky. Urychlené elektrony dopadají na stínítko pokryté luminoforem a zde svou energii uvolňují ve formě světla. Když vystavíte obrazovku vnějšímu magnetic-kému poli, změníte dráhu letících elektronů a obraz se zdeformuje.

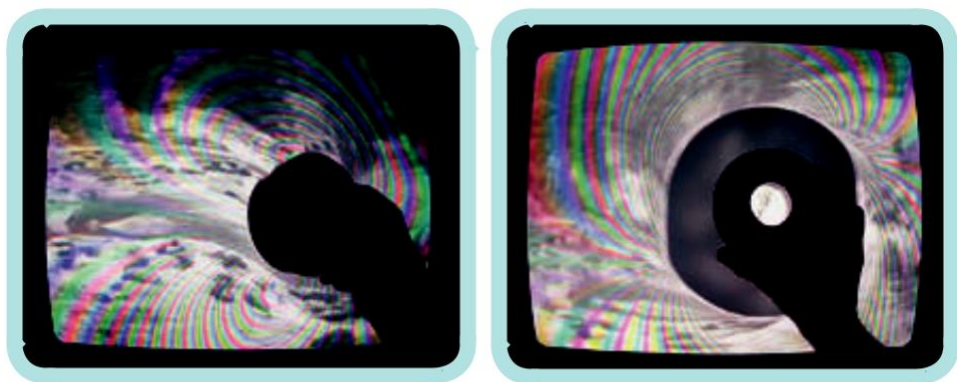
Pokud se rozhodnete tento pokus provést, tak jen s černobílou obrazovkou, ni-kdy ne s barevnou, neboť může dojít k jejímu nevratnému poškození! Po experi-mentu by již barvy obrazu mohly být trvale pozměněny.

Funkčnost barevné obrazovky mohou ovlivnit i tak slabá magnetická pole, jaké vy-tváří například velký reproduktor nebo dokonce magnetické pole Země. Proto bývají vybaveny funkcí „degauss“, sloužící k odmagnetování stínítka obrazovky. S malými rušivými vlivy magnetického pole se i barevná obrazovka vyrovná, ale nezkoušejte to!

Pokud máte černobílý televizor, můžete s feritovými magnety experiment provést bez obav. **Nepoužívejte ale silné RE magnety, protože pak může dojít k nevratným změnám obrazu (rozostření, deformace) i u černobílé obrazovky.** Můžete totiž pozměnit magnetické pole trvalých magnetů umístěných v blízkosti obrazovky, které doladují magnetické pole vychylovacích cívek, aby vytvořený obraz byl souměrný a ostrý.

JAK NA TO

Zapněte černobílý televizor a opatrně přibližujte různě orientovaný velký feritový magnet z různých stran ke stínítku obrazovky. Díky odchylování elektronů letících proti stínítku se obraz bude posouvat a deformovat. Nedotýkejte se magnetem přímo skla, abyste ho nepoškrábali. Magnet je velmi tvrdý. Z polohy magnetu a deformace obrazu, který způsobí magnetické pole, můžete vyvodit, že síla působící na elektrony je kolmá jak ke směru jejich pohybu, tak ke směru magnetických indukčních čar. Na obrázcích je tento experiment proveden na barevné obrazovce, aby vynikly jak prostorové, tak barevné deformace obrazu. Použitý magnet je kruhový feritový magnet z velkého reproduktoru, který vytváří osově souměrné magnetické pole. Magnetické indukční čáry vycházejí z jedné plochy a jak vnějškem tak vnitřním otvorem procházejí ke druhé. Všimněte si, že okolo magnetu je tmavý prostor zcela bez dopadajících elektronů a naopak uvnitř otvoru se vytváří jasná ploška kde elektrony nejenže nejsou odkloněny, naopak jsou dovnitř navedeny jako do pasti. Takto podobně nás chrání magnetické pole Země před rychlými nabitými částicemi přicházejícími od Slunce. Podél indukčních čar se mohou pohybovat i v silném magnetickém poli bez problémů. Síla na ně působí, jen když jejich pohyb nesouhlasí se směrem magnetického pole.



- ❖ Obraz deformovaný magnetem nejprve ve větší vzdálenosti od stínítka, pak když je magnet přiložen těsně ke stínítku. Okolo magnetu je tmavý prostor, kam elektrony nedopadají, uvnitř je jasná ploška způsobená dopady soustředěných elektronů.

TAJEMSTVÍ VÍŘIVÝCH PROUDŮ

Už víte, že když se mění magnetické pole ve vodiči, pak se v něm také indukuje napětí, a tvoří-li vodič uzavřený obvod, protéká proud. V drátu je to jasné. Proud teče jedním nebo druhým směrem. Složitější je to u plošného vodiče. Když budeme pohybovat magnetem nad dobře vodivou nemagnetickou deskou (hliníkovou, nebo měděnou), bude se v ní indukovat proud, který svým magnetickým polem bude brzdit pohyb magnetu. Proud v desce bude působit na magnet a magnet zpětně na desku. Bude ji táhnout za sebou. Pozor! Tady nejde o působení magnetu na látku jako takovou. Jde o sílu mezi magnetickými poli magnetu a proudu ve vodiči. Směr proudu v takových případech lze je jen těžko určit, neteče od jednoho konce vodiče ke druhému, ale v uzavřených smyčkách. Proto hovoříme o vířivých proudech. Vždy se ale indukovaný proud svými účinky snaží bránit změně, která jej vyvolává.

MAGNET NA VODIVÉ DESCE

K experimentu budete potřebovat RE magnet a vodivou desku. Postačí vnější dno hliníkové pánve nebo kvalitního kuchyňského hrnce z nemagnetické oceli se dnem z masivního hliníku. Porovnejte, jak rychle sjíždí magnet po hodně nakloněné pánvi a jak rychle sjíždí třeba po prkénku nebo po deskách knihy. Před pokusem se ale přesvědčte, že se magnet k použitému kovu skutečně ani trochu nepřitahuje.



▲ Plochý RE magnet vymontovaný z nefunkčního harddisku pomalu sjíždí po vodivé podložce. V prvním případě po hliníkovém dně kuchyňského hrnce, ve druhém po měděném pásu.

MAGNET A HLINÍKOVÁ MINCE

Potřebujeme RE magnet, papírovou čtvrtku a hliníkovou minci, třeba platnou českou 50 hal. Důležité je, aby byla lehká a dobře elektricky vodivá. Nejprve se přesvědčte, že při těsném přiblížení magnetu k minci nedojde k přitahování a mince je skutečně neferomagnetická. Minci položte na papír, který držíte v jedné ruce, a magnetem v druhé pohybujte těsně pod ním. Při míjení mince a magnetu se mince pohne. Díky pohybu magnetu se v ní indukuje proud, mince se stává elektromagnetem. Když se k ní magnet blíží, utíká před ním, když už ji magnet minul, magnetické pole ji táhne dál. Zdánlivě to vypadá, že mince je magnetem přitahována.

MODEL INDUKČNÍHO MOTORU

Budete potřebovat hliníkový kalíšek, čili dutý válec se dnem. Čím silnější bude plech, tím lépe, ale i lehké nádoby z relativně tenkého plechu jsou použitelné. Například můžete použít kalíšek od čajové svíčky, plechovku od nápoje, obal od spreje, obal konzervy apod. Před započítím pokusu se vždy přesvědčte, že používaná nádoba je nemagnetická! Je-li vůči magnetu v klidu, pak na ni magnet nepůsobí žádnou silou. Do středu dna nádoby zevnitř vytlačte tupým předmětem (špejlí, vařečkou, ...) malý důlek. Pak na podložku připevněte svislou osu ze zahroceného měděného drátu nebo špejle. Na hrot položte plechovku dnem vzhůru. Zkuste, zda se lehce otáčí. Při roztočení prsty musí udělat několik otáček, aniž by ji tření zasta-vilo. RE magnet k ní přiblížte z boku asi na 1 cm a pohybujte s ním. Pozorujte, jak reaguje plechovka na pohyby magnetu. Roztočte plechovku pohybem magnetu, aniž byste se jí dotkli.



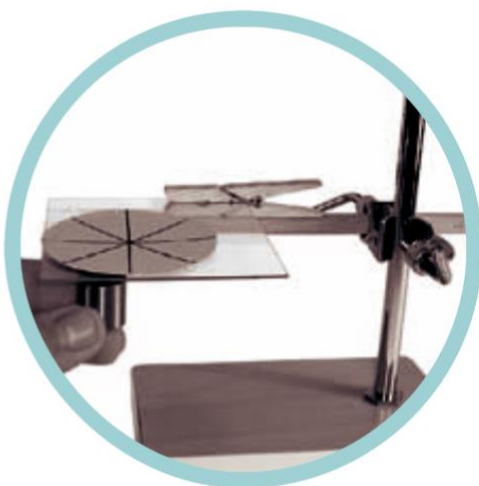
❖ Hliníková plechovka od paštiky roztáčená pohybem magnetu.

KOLEČKO ELEKTROMĚRU

Vířivé proudy mohou vodič uvádět do pohybu i brzdit. Tak je tomu i u kolečka klasického elektroměru. Z elektrické sítě odebíráme přes cívky elektroměru střídavý proud, který kolečko roztáčí. Na druhou stranu je třeba kolečko brzdit a to tím víc, čím rychleji se otáčí. O to se starají vířivé proudy buzené stálým magnetem. Jak se brzdění provádí, si vyzkoušejte.

Budeme potřebovat lehké hliníkové kolečko, které se otáčí takřka bez tření. To kupodivu není až tak problém. Budete potřebovat použité víčko typu „Omnia“ od sklenice na zavařování. Je důležité, aby skutečně bylo použité! Takové víčko je již působením atmosférického tlaku prohnuté. Nové víčko je zcela rovné a pro experiment nevhodné. Z víčka vystříhnete kotouček o průměru asi 7 cm a střed promáčknete hrotem tužky, aby se na vypouklé straně objevil malý výstupek. Bude sloužit jako osička, na které se víčko otáčí. Položte kotouček na tenkou plastovou podložku nebo ještě lépe na tenké sklo. Roztočte ho prsty a změřte si dobu, za kterou se zastaví třením o podložku. Mělo by se otáčet dostatečně dlouho, nejméně 10 až 20 s. Kolečko roztočte a přiblížte shora RE magnet. Otáčení prakticky okamžitě ustane. Vířivé proudy kolečko zastavily. Naopak, když budete pohybovat magnetem, kolečko ho bude sledovat.

Bez jakýchkoli úprav lze libovolné hliníkové víčko roztáčet pohybem magnetu na hladině vody. Vyzkoušejte si to. Stejně můžete na vodě roztočit i velkou hliníkovou pánev. Pro pokusy je vhodná taková, která má odnímatelné držadlo.



⚡ Hliníkové víčko ze zavařovací sklenice roztáčené magnetem na hladině vody.

➤ Hliníkové kolečko z víčka na zavařovací sklenici roztáčené magnetem na skleněné destičce.

ZÁVĚR

Experimenty popsané v této knížce rozhodně nepokrývají všechny oblasti magnetismu a jsou jen stručným výběrem z těch nejjednodušších. Na internetu nebo v dalších publikacích najdete mnohé jiné a možná i zajímavější. Přesto věřím, že jste si některé z uvedených vyzkoušeli a že se řada z vás, čtenářů této knížečky, inspirovala k provádění dalších experimentů.

POZNÁMKY

[illegible]

Materiál je součástí vzdělávacího programu ČEZ, a. s., Svět energie
Připraveno ve spolupráci s MFF UK Praha

Odpovědný redaktor: RNDr. Peter Žilavý, Ph.D.

Nabídku vzdělávacího programu naleznete na **www.cez.cz/vzdelavaciprogram**

© ČEZ, a. s., sekce komunikace

Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, tel.: 211 042 681