

Žákovské cvičení Elektromagnetismus

Obj. č. 116.2025



Témata

1. Magnety
2. Magnetické materiály
3. Polarita magnetů
4. Vznášející se magnet
5. Magnetizace
6. Magnetické pole
7. Silové čáry magnetického pole
8. Magnetické pole jako vektor
9. Lorentzova síla
10. Magnetické pole Země
11. Magnetické působení elektrického proudu
12. Přímý vodič
13. Smyčka vodiče
14. Elektromagnet
15. Elektrický zvonek
16. Stejnoseměrný motor
17. Ampérova modelová hypotéza k magnetismu
18. Elektromagnetická indukce
19. Magnetický tok
20. Neumannův zákon
21. Lenzův zákon
22. Zákon elektromagnetické indukce

CONATEX – DIDACTIC UCEBNI POMUCKY s.r.o. – Velvarská 31 – 160 00 Praha 6

Tel.: 224 310 671 – Tel./Fax: 224 310 676

Email: conatex@conatex.cz – <http://www.conatex.cz>

Obsah

- 1 spínač
- 4 kabely pro provádění pokusů 30 cm
- 1 tyčový magnet
- 1 elektrický zvonek
- 1 kompas
- 1 přístroj pro analýzu elektromagnetismu
- 1 pár cívek s jádrem
- 1 elektromotor
- 1 přístroj pro Lenzův zákon
- 1 magnetická střelka
- 1 podkovovitý magnet
- 1 deska s magnetickým polem
- 1 galvanometr
- 1 magnet ze vzácných zemin
- 1 balení kovových pilin
- 1 vznášející se magnet
- 1 balení hřebíků
- 1 držák cívky
- 1 držák kompasu
- 1 plastová lžička
- 1 zkumavka

další potřebný materiál (není součástí dodávky):

1 napájecí zdroj 1-12 V / 3 A AC / DC např. Conatex obj. č. 114.4015



Conatex obj. č. 114.4015

Napájecí zdroj vyobrazený v návodu zastupuje vámi použitý přístroj.

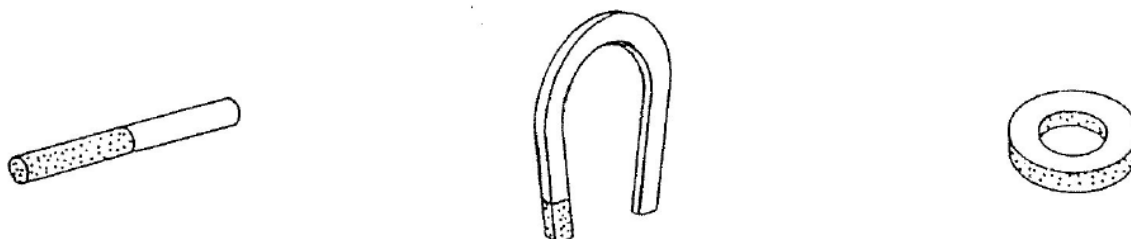
Přehled materiálů



1. Magnety

Nyní se věnujeme jevu, který se nazývá **magnetismus**. Magnetismus byl dobře známý již v Řecku okolo roku 800 př. n. l. Lidé objevili, že v jedné pobřežní oblasti (Magnesia) existuje minerál, magnetit (Fe_3O_4), který působí přitažlivě na tělesa ze železa. Legenda říká, že pastýř jménem Magnes zpozoroval, že hřebíky v jeho obuvi a špička jeho hole drží na zemi. Od jeho jména se odvozuje název magnetit.

Magnety se často nazývají podle tvaru, jaký mají. Následující obrázek ukazuje například tyčový magnet, podkovovitý magnet a kruhový magnet.



2. Magnetické materiály

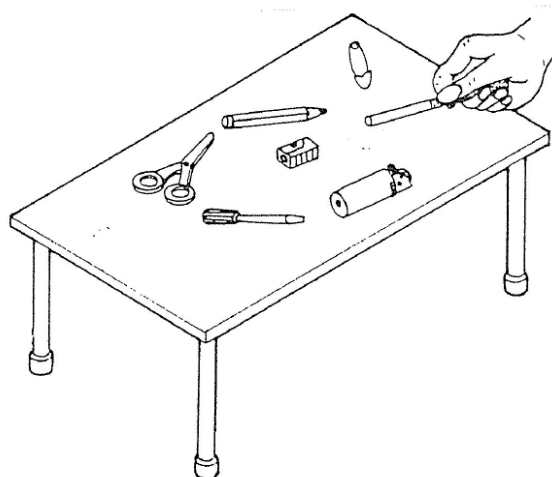
Existují různé materiály, které magnety přitahují, některé však nepřitahují. Například předměty, které obsahují nikl a železo, magnety přitahují, zatímco předměty ze dřeva, plastu, mědi atd. magnety nepřitahují. Lze to ověřit pomocí následujícího pokusu.

Pokus 1

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, několik předmětů z různých materiálů.

Položte na stůl různé předměty jako například klíč, nůžky, tužku, zapalovač atd.

Přiblížte tyčový magnet postupně k jednotlivým předmětům a zapište do tabulky, zda jsou přitahovány nebo ne.



Vyplňte následující tabulku.

předmět	je přitahován	není přitahován	materiál

3. Polarity magnetů

Nezávisle na konstrukčním tvaru se magnetické vlastnosti projevují vždy jen na koncích magnetu. Označují se jako **severní** a **jižní pól**. To lze ověřit pomocí následujícího pokusu.

Pokus 2

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, hřebíky

Rozmístěte několik hřebíků na stole. Umístěte magnet do blízkosti hřebíků. Jaká oblast magnetu hřebíky přitahuje?

Pro rozlišení magnetických pólů magnetu jsou póly barevně označené (severní pól je červený, jižní pól je označený bíle nebo často také zeleně).

(Jako mnemotechnickou pomůcku si můžete zapamatovat: **severní pól: červený** – v obou výrazech je „V“).

Pokud se magnet rozlomí, jeho polarity se nerozdělí. Budeme mít dva magnety vždy s jedním severním a jedním jižním pólem (viz obr. dole).

Na rozdíl od elektrostatiky nelze polarity u magnetů oddělit.



Tuto skutečnost můžete ověřit pomocí následujícího pokusu.

Pokus 3

Potřebný materiál: 1 magnet ze vzácných zemin

Pokud magnet rozdělíte na dva kusy, získáte dva menší magnety.

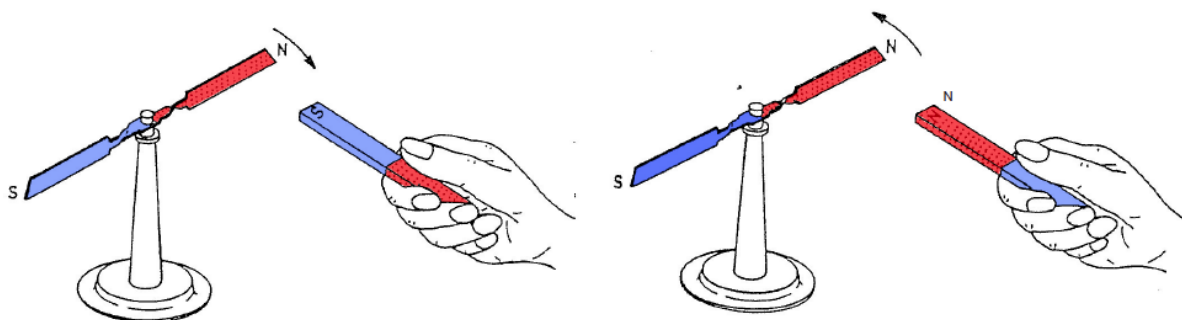
Pokud je znovu rozdělíte, budete mít čtyři magnety, které jsou ještě menší (viz obrázek vpravo nahoře). Při následujícím pokusu se seznámíte s vlastnostmi magnetických pólů.

Pokus 4

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, 1 magnetická střelka na stojánu

Umístěte magnetickou střelku na stůl, do větší vzdálenosti od jiných feromagnetických materiálů. Přiblížte k severnímu pólu střelky magnetický jižní pól tyčového magnetu. Je severní pól střelky jižním pólem magnetu přitahován nebo odpuzován?

Opakujte pokus tak, že přiblížíte k severnímu pólu magnetické střelky severní pól tyčového magnetu.



Jaký účinek pozorujete mezi stejnojmennými póly mezi tyčovým magnetem a magnetickou střelkou?

4. Vznášející se magnet

Je-li magnetická síla tak velká, že je schopna zvednout hmotnost magnetu, získáme sílu, která umožňuje vznášení magnetu. Tento jev prozkoumáme při následujícím pokusu.

Pokus 5

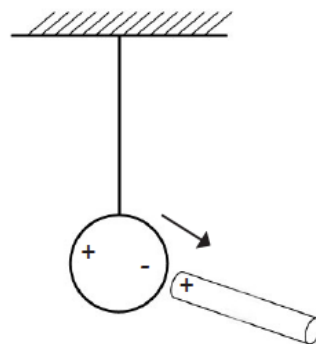
Potřebný materiál: 1 *vznášející se magnet*

Vznášející se magnet, který je vyobrazen vpravo, obsahuje dva kruhové magnety. Jestliže magnety navléknete na dřevěnou tyčku tak, aby se stejnojmenné póly nacházely naproti sobě, zjistíte, že magnetická síla vyrovnává hmotnost horního magnetu a magnet se přitom vznáší.



5. Magnetizace

Pokud podržíte kladně nabitou tyč v blízkosti neutrální (nenabitě) polystyrenové koule, indukuje se záporný náboj na kouli v oblasti, která je nejbližší tyči, zatímco kladný náboj se přemístí do oblasti koule, která je více vzdálená od tyče. To se označuje jako oddělení nábojů. Protože v kouli jsou kladné náboje v blízkosti záporných nábojů v tyči, působí mezi koulí a tyčí přitažlivá síla (viz obr. vpravo).

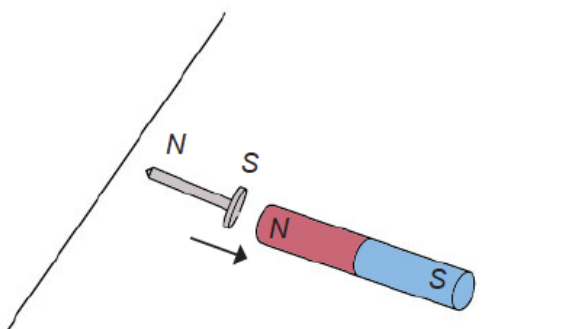


Podobný efekt můžeme pozorovat u magnetismu. Následující pokus vám objasní tento jev.

Pokus 6

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, 1 hřebík

Položte hřebík na stůl a přiblížte k hlavě hřebíku severní pól tyčového magnetu. Hřebík se magnetizuje, získá tak magnetický severní a jižní pól a stane se magnetem. V důsledku toho působí mezi tyčovým magnetem a hřebíkem přitažlivá síla.



Pokus 7

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, 6 hřebíků

Umístěte několik hřebíků hlavou do kontaktu se severním pólem tyčového magnetu. Ostatní hřebíky do kontaktu s jižním pólem, jak ukazuje obrázek níže vlevo. Počkejte několik minut. Nyní vezměte jeden hřebík, který je v kontaktu se severním pólem magnetu, a přiblížte jej k hřebíku, který jste sejmuli z jižního pólu magnetu. Uvidíte, že se oba hřebíky přitahují (viz obr. vpravo dole).

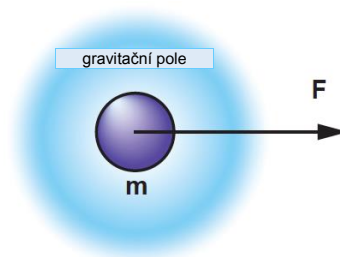
Jaké závěry je možné z pokusu vyvodit?



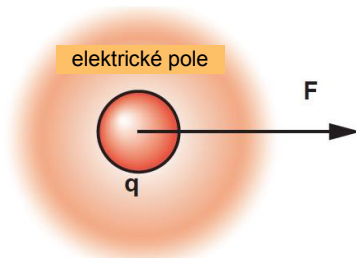
6. Magnetické pole

Existují síly (tažné a tlakové síly), které vzniknou, pokud dvě tělesa na sebe vzájemně působí, jestliže se dotýkají. Jiné síly, jako např. gravitační síla, elektrostatické síly nebo magnetické síly, působí na vzdálenost těles, aniž by se tělesa dotýkala.

K popisu účinku existuje ve fyzice pojem **silové pole**. Prostor okolo Země není doslova „prázdný“. Obsahuje **gravitační pole**, jehož existenci dokazuje skutečnost, že každé hmotné těleso je přitahováno Zemí i bez přímého kontaktu s ní (viz obrázek vedle).



Prostor okolo elektrického náboje je obklopen **elektrickým polem**, což lze prokázat přítomností jiného elektrického náboje (viz následující obrázek).



Podobným způsobem obsahuje prostor okolo magnetu **magnetické pole**, jehož existenci lze prokázat pomocí dalších magnetů. Magnetické pole je charakterizováno **silovými čarami** a **vektorem magnetického pole**.

7. Silové čáry magnetického pole

Přiblížíte-li magnetickou stříčku k magnetu, nastaví se magnetická stříčka do určitého definovaného směru v závislosti na poloze stříčky vůči magnetu. Pohybujete-li magnetickou stříčkou okolo magnetu z jednoho bodu do druhého, získáte soustavu čar na základě orientace magnetické stříčky v daných bodech. Tyto čáry se nazývají silové čáry magnetického pole. Pomocí následujícího pokusu můžete silové čáry pole zviditelnit.

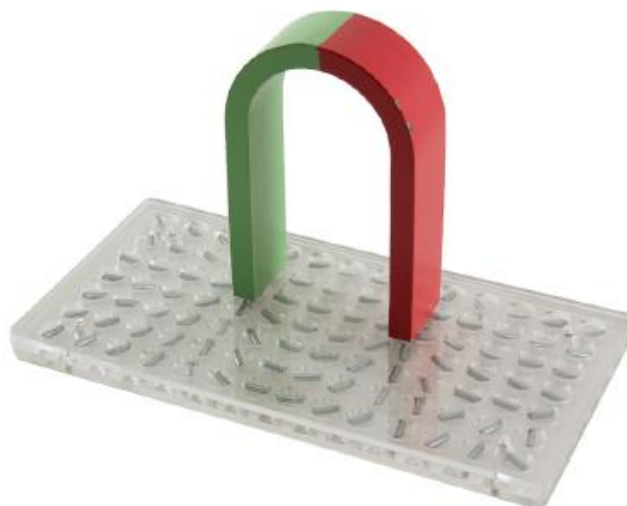
Pokus 8

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, 1 podkovovitý magnet, 1 deska s magnetickým polem

U desky s magnetickým polem se jedná o akrylovou desku, v níž je v pravidelném vzoru umístěno 98 malých železných tyčinek. Tyčinky lze horizontálně volně otáčet.



Nyní položte tyčový magnet dle níže uvedeného obrázku na desku s magnetickým polem. Železné tyčinky se magnetizují a určitým způsobem se nasměrují tangenciálně ke středu. Podobný výsledek nastane, pokud se na desku s magnetickým polem položí podkovovitý magnet.



Pro určení orientace silových čar proveďte následující pokus.

Pokus 9

Potřebný materiál: 1 tyčový magnet, 5 magnetických střelek

Položte tyčový magnet na list bílého papíru a umístěte okolo magnetu 5 magnetických střelek dle níže uvedeného obrázku. Střelky se nasměrují dle obrázku. Všimněte si orientace pólů střelek (viz obr. vpravo dole).



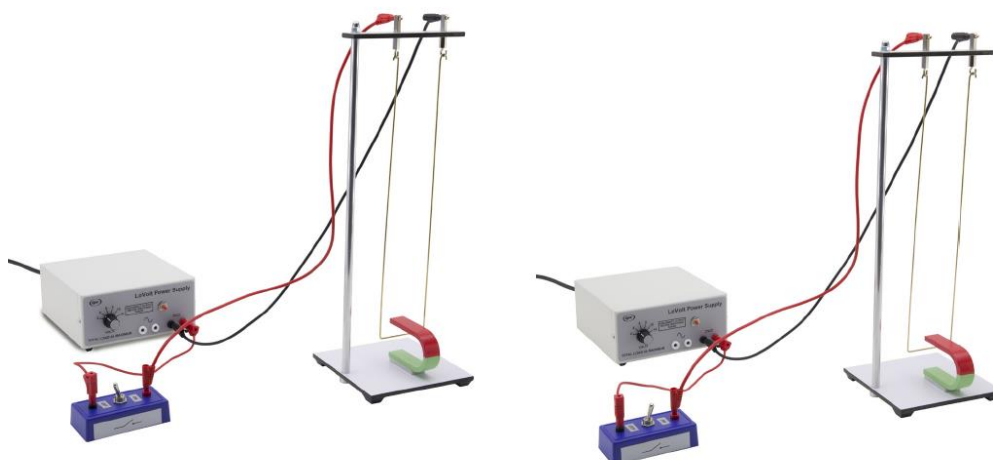
8. Magnetické pole jako vektor

Pro provedení kvantitativní analýzy magnetických jevů nestačí znát silové čáry magnetického pole. Je potřebné vytvořit vztah k síle vzniklých magnetických sil. Souvislosti lze dosáhnout na základě skutečnosti, že účinek magnetického pole působí nejen na magnety, ale také na vodiče, kterými protéká proud. Můžete si to ověřit při následujícím pokusu.

Pokus 10

Potřebný materiál: 1 přístroj pro analýzu elektromagnetismu, 1 spínač, 1 podkovovitý magnet, 3 kabely pro provádění pokusů 60 cm, 1 napájecí zdroj

Namontujte přístroj pro analýzu elektromagnetismu s dalšími komponenty dle níže uvedeného obrázku. Nastavte napájecí zdroj na stejnosměrné napětí 4 V. Dejte pozor, aby byl spínač nastaven v poloze **OFF**. Umístěte podkovovitý magnet do blízkosti severního pólu podkovovitého magnetu. Uvidíte, že vodič zůstane v klidu. Jakmile spínač sepne, vodič je odpuzován.



Nyní otočte magnet obráceně (jižní pól ukazuje nahoru) **nebo** zaměňte připojovací kabely. V důsledku toho bude vodič přitahován.



Ve zvláštním případě, kdy se vodič, kterým protéká proud, nachází svisle k silovým čarám magnetického pole, lze stanovit směr působící síly pomocí Flemingova pravidla levé ruky dle výše uvedeného obrázku. Tento jev byl upřesněn okolo roku 1820 a je znám také pod dalším označením jako pravidlo příčina - zprostředkování - účinek, přičemž *příčina* = proud, *zprostředkování* = magnetické pole a *účinek* = síla. V této době ještě nebyla objevena teorie pohybu elektronů, vychází se z toho, že se kladné nosiče náboje pohybují od + k -, což se v současném jazykovém úzu označuje jako **technický směr proudu** (na rozdíl od **fyzikálního směru proudu**, směr pohybu elektronů: od - k +).

Měříme-li proud, zjistíme, že je přímo úměrný k **délce vodiče L** nebo **intenzitě proudu I**. Platí:

$$F = B I L$$

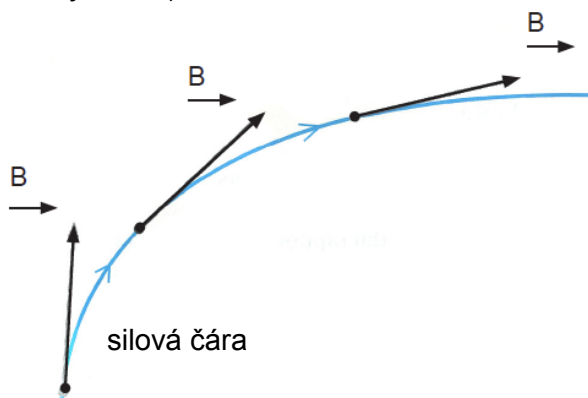
Vzorec ukazuje, že vodič svojí účinnou délkou **L** přispívá k interakci, stejně jako elektrický proud **I**, který jím protéká, zatímco magnetické pole se svojí intenzitou **B** definuje magnetické pole. **B** je orientační veličina, která se jako vektor magnetického pole nachází v každém bodě pole tangenciálně k silovým čarám (viz následující obr.).

Platí:

$$B = \frac{F}{I L}$$

Vektor magnetického pole reprezentuje intenzitu **síly F** (měřenou v N), která působí na vodič o **délce L = 1 m**, kterým protéká **proud I = 1 A**, a nachází se kolmo k silovým čarám magnetického pole.

V mezinárodní jednotkové soustavě SI je měrná jednotka **B Tesla (T)**.



Platí:

$$1 T = \frac{1 N}{1 A 1 m}$$

Protože je jednotka Tesla skutečně velká jednotka, vžily se jako jednotky poměrné části

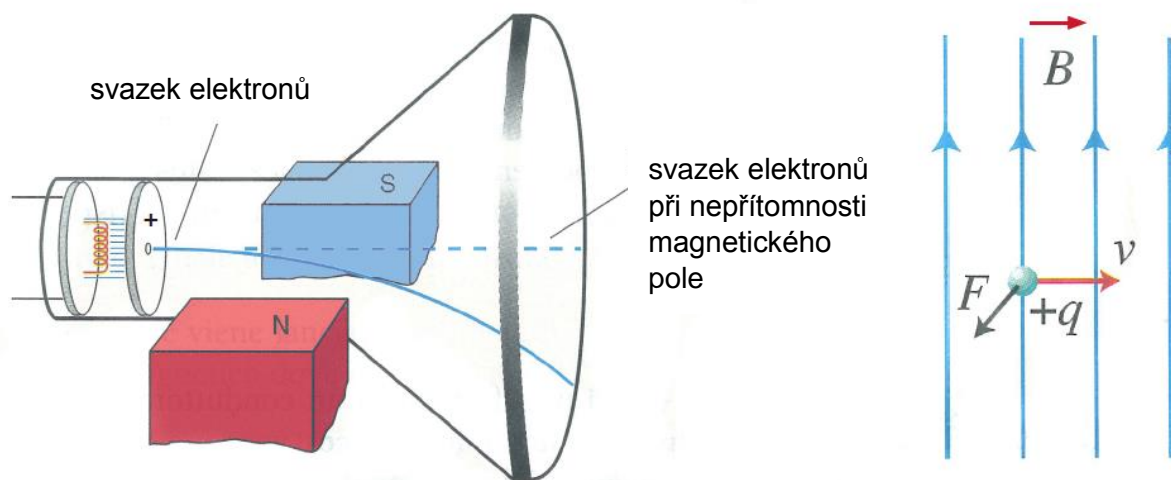
$$mT (= 10^{-3} T)$$

$$\mu T (10^{-6} T)$$

$$nT (10^{-9} T)$$

9. Lorentzova síla

Projde-li magnetickým polem svazek elektronů, vychýlí se do směru, který závisí na směru magnetického pole, jak naznačuje následující obrázek. Pokud interpretujeme tento jev s výsledkem z pokusu 10, zjistíme, že do interakce s magnetickým polem nevstupuje vodič jako takový, ale náboje, které se ve vodiči pohybují nezávisle na přítomnosti samotného vodiče.



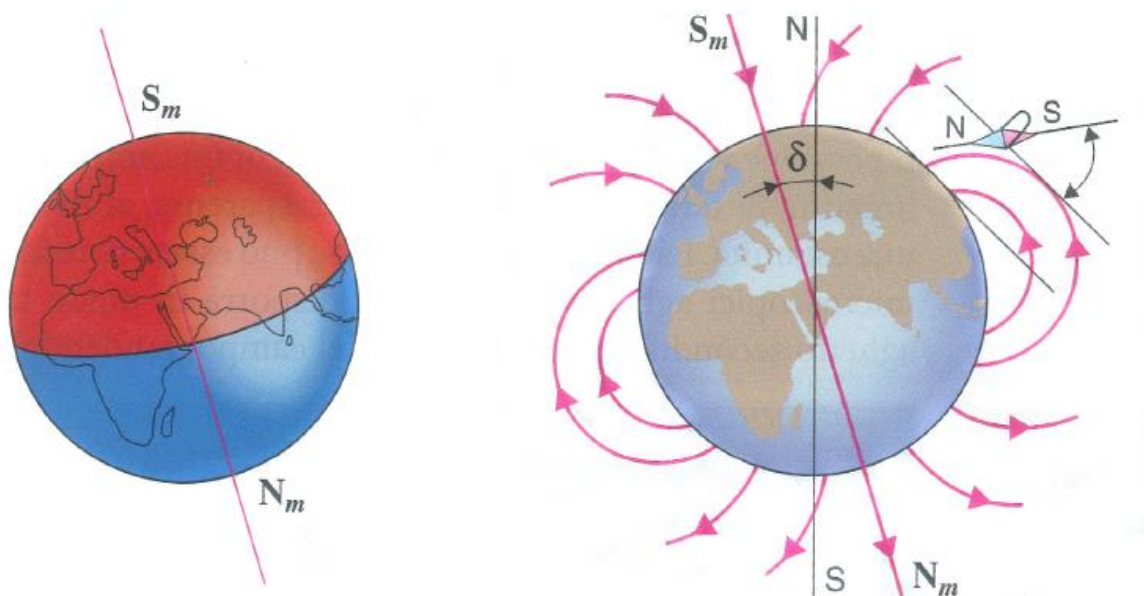
Pokud se elektron s nábojem q pohybuje kolmo k magnetickému poli o intenzitě B rychlostí v , můžeme si ukázat, že síla F – nazývaná Lorentzova síla – působí na elektron podél dráhy letu. Její velikost je:

$$F = B q v$$

Směr síly odpovídá pravidlu levé ruky, které je popsáno v kapitole 8.

10. Magnetické pole Země

Magnetická střílka, která se nachází v dostatečné vzdálenosti od jiných magnetů a feromagnetických materiálů, ukazuje svým magnetickým jižním pólem směrem ke geografickému severnímu pólu a svým magnetickým severním pólem ke geografickému jižnímu pólu. Tento jev ukazuje, že se Země chová jako obrovský magnet. Ve vztahu k rotační ose Země je myšlená čára mezi terestrickými magnetickými póly nakloněná o úhel δ . Tento sklon se nazývá **magnetická deklinace** a odpovídá v současnosti úhlu cca $11,3^\circ$, nakloněnému na západ (viz následující obrázek).



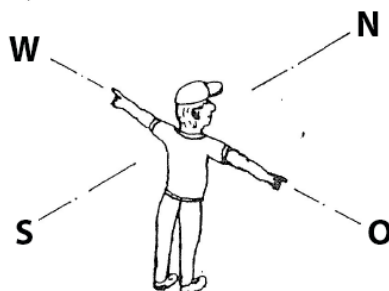
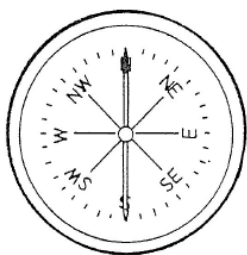
Velikost terestrického magnetického pole (přesněji vektoru magnetického pole) je na pólech cca $20 \mu\text{T}$ a na rovníku cca $70 \mu\text{T}$ a závisí na zeměpisné šířce.

Vlastnost magnetické střílky slouží k přibližnému stanovení dvou světových stran, severu a jihu, takže je využívanou pomůckou pro orientaci na naší planetě. Příklad se nazývá **kompas**. Ohledně vynálezu kompasu se názory rozcházejí. Magnetické pole Země pravděpodobně znali v Číně již několik století před Kristem. S jistotou byl však kompas používán k navigaci na moři ve 13. století. Vlevo dole se nachází obrázek typické konstrukce kompasu. Následující pokus souvisí k seznámení se s jednoduchým použitím tohoto nástroje.

Pokus 11

Potřebný materiál: 1 kompas

Umístěte kompas na horizontální rovnou plochu. Dejte pozor, aby se v blízkosti nenacházely žádné magnety nebo magnetické materiály. Otáčejte kompasem tak, aby ručička ukazovala na severní pól označený „N“.

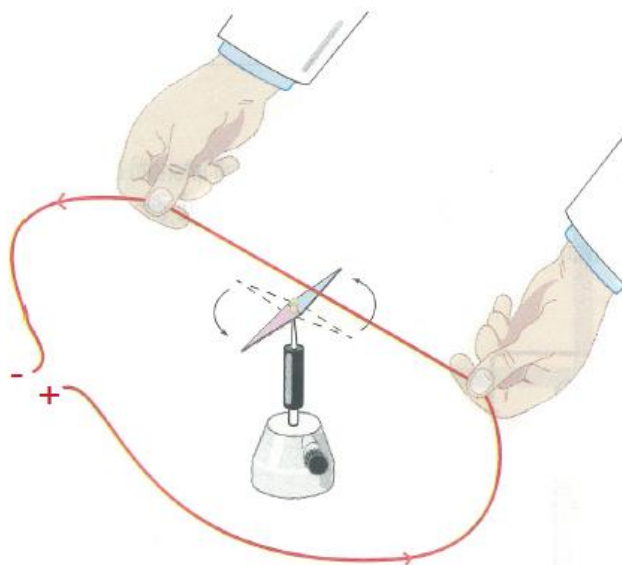


Otázky:

Dokážete určit světové strany, když budete během dne pozorovat zdánlivý pohyb Slunce? Kde Slunce vychází? Kde Slunce zapadá?

11. Magnetický účinek elektrického proudu

Dánský fyzik H. C. Oersted (1777-1851) zjistil okolo roku 1820, že se magnetická střílka natočila kolmo k vodiči, kterým protéká proud. Z toho vyvodil, že prostor okolo vodiče, kterým protéká proud, je obklopen magnetickým polem. Tento jev se nazývá **magnetický účinek elektrického proudu**.



Oersted tak objevil souvislost mezi elektrickými a magnetickými jevy. V kapitolách 8 a 9 jsme uvedli, že pohybující se elektrony vstupují do interakce s magnetickým polem. Ukázal, že vznik magnetického pole souvisí s pohybem elektronů, nezávisel na médiu, v němž se náboje pohybují (elektrické vodiče a vakuum).

12. Přímý vodič

Pro lepší pochopení vlastností magnetického pole, jež vytváří vodič, kterým protéká proud, provedeme následující pokus.

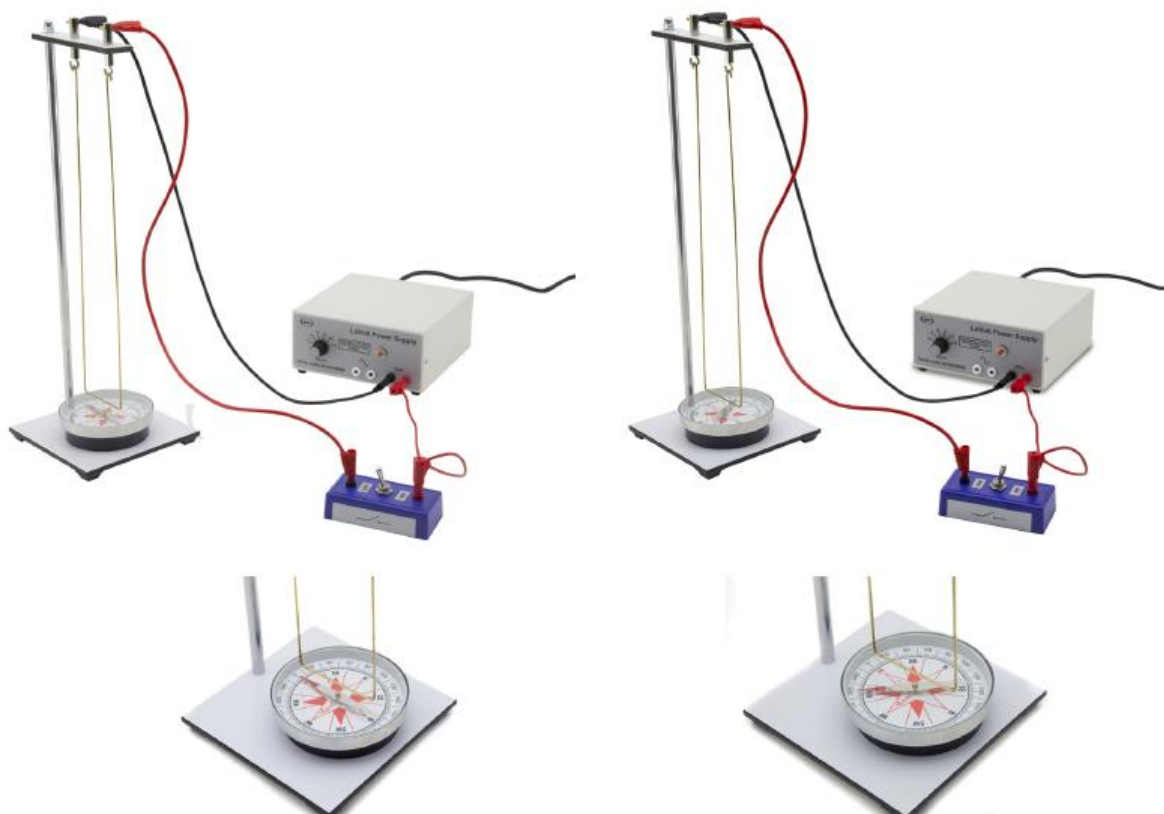
Pokus 12

Potřebný materiál: *1 přístroj pro analýzu elektromagnetismu, 1 spínač, 1 kompas, 1 držák kompasu, 3 kabely pro provádění pokusů 60 cm, 1 napájecí zdroj*

Sestavte pokus podle níže uvedeného obrázku. Položte kompas na držák kompasu. Uspořádejte sestavu tak, aby se vodič nacházel paralelně s magnetickým polem Země (viz obr. vlevo dole). Nastavte síťový zdroj stejnosměrného napětí na 6 V. Sepněte elektrický obvod. Zjistíte, že se magnetická střelka vychýlí o úhel θ . Úhel je výsledný vektor z magnetického pole Země a magnetického pole, jež vytváří vodič, kterým protéká proud.

Platí:

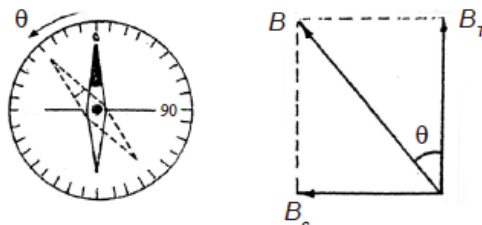
B_T magnetické pole Země
 B_C magnetické pole, jež vytváří vodič, kterým protéká elektrický proud



Ze vzorce

$$\frac{B_C}{B_T} = \tan \theta \quad \text{vyplývá} \quad B_C = B_T \tan \theta$$

Jestliže znáte hodnotu intenzity magnetického pole Země B_T , můžete stanovit hodnotu magnetického pole vytvořeného elektrickým proudem, pokud vypočítáte tangens úhlu vychýlení magnetické stříelky (viz obrázek vedle).



Pokud váš napájecí zdroj umožňuje protékání vyššího proudu vodičem, uvidíte, že je úhel θ větší, protože se zvýší intenzita magnetického pole B_C . Intenzita magnetického pole roste proporciálně s protékáním proudu vodičem. Odstraníme-li držák pod kompasem, B_C klesne, protože se zvýší vzdálenost d od vodiče.

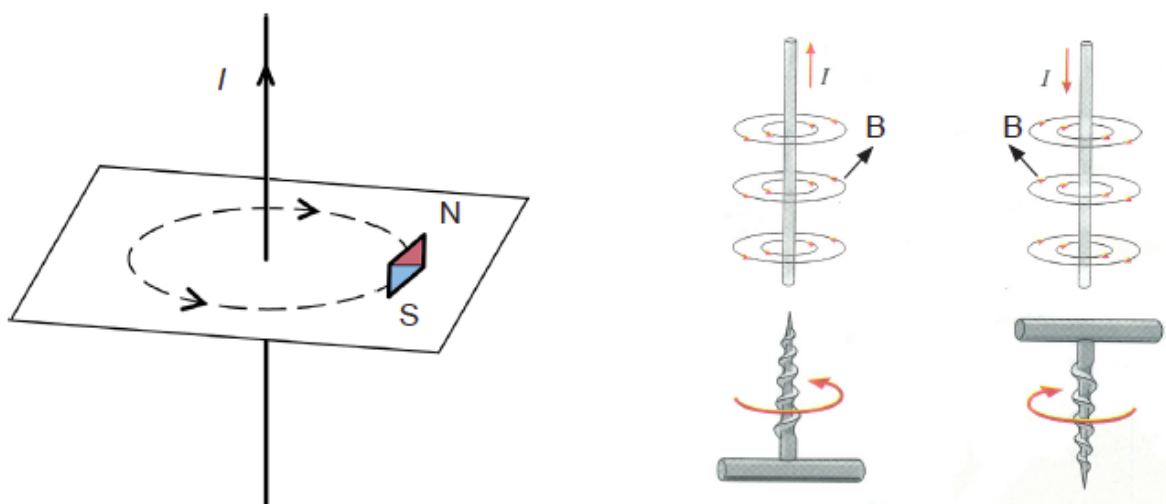
Platí:

$$B_C = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

To znamená:

Magnetické pole B_C , jež vytváří vodič, kterým protéká proud, je přímo úměrné proudu I , který jím protéká a nepřímo úměrné vzdálenosti d od vodiče.

Průběh silových čar lze prokázat pomocí magnetické stříelky tím, že ji umístíte v konstantní vzdálenosti na různých místech okolo vodiče, kterým protéká proud (viz následující obrázek). Pokud by v každém bodě měřicího místa byla vyznačena tangenta, bylo by výsledkem pole soustředěné okolo vodiče. Na bázi definice technického směru proudu, u kterého kladné náboje putují od kladného pólu k zápornému, vyplývá pro **směr silových čar magnetického pole** níže vpravo vyobrazená orientace, která se také nazývá **pravidlo vývrtky**.



Jak vidíte, shoduje se orientace silových čar analogicky se zašroubovaným pravotočivým šroubem, přičemž orientace „podélné osy šroubu“ odpovídá technickému směru proudu.

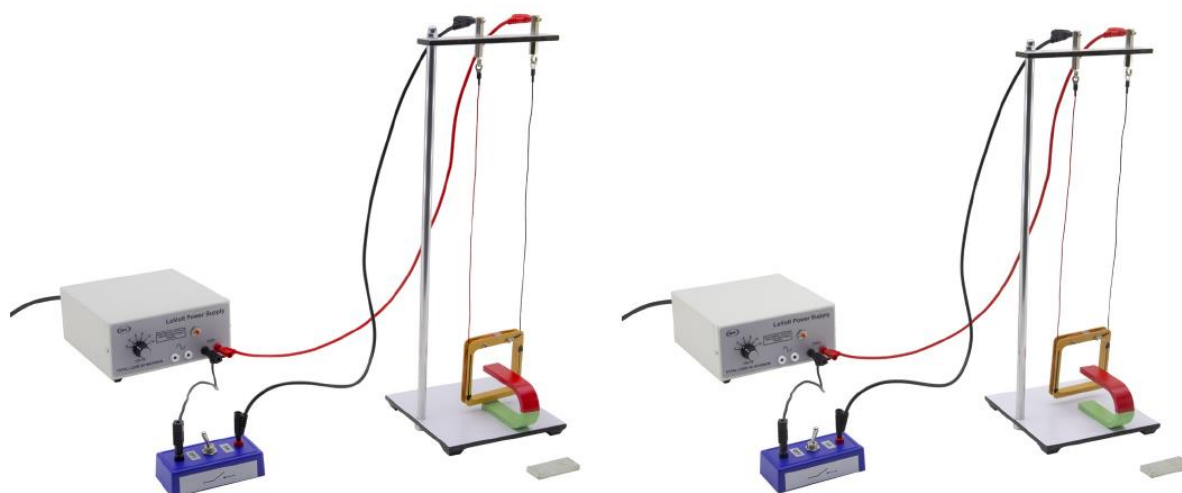
13. Smyčka vodiče

K analýze vlastností magnetického pole pomocí jedné nebo více smyček vodiče slouží následující pokus.

Pokus 13

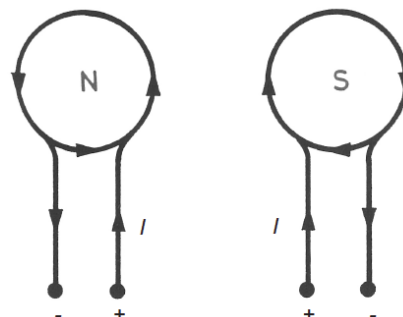
Potřebný materiál: *1 přístroj pro analýzu elektromagnetismu, 1 spínač, 1 podkovovitý magnet, 3 kabely pro provádění pokusů 60 cm, 1 napájecí zdroj*

Uspořádejte pokus dle následujícího obrázku. Vyberte jako napájecí napětí 6 V. Sepněte spínač a umístěte smyčku vodiče do blízkosti severního pólu podkovovitého magnetu. Můžete pozorovat **odpuzovací sílu** mezi cívkou a magnetem.



Pokud přiblížíte smyčku vodiče k jižnímu pólu magnetu *nebo* změníte směr proudu, působí **přitažlivá síla**. To ukazuje následující jev: Jestliže smyčkou vodiče (nebo více smyčkami) protéká proud, působí jako magnet, jehož polarita závisí na směru proudu.

Polarita magnetického pole v závislosti na smyslu vinutí smyčky vodiče a směru proudu ukazuje následující obrázek. Z matematického hlediska platí: Uprostřed smyčky je velikost magnetického pole nepřímo úměrná poloměru r smyčky vodiče.



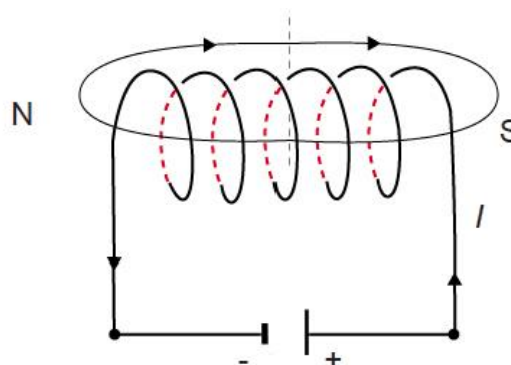
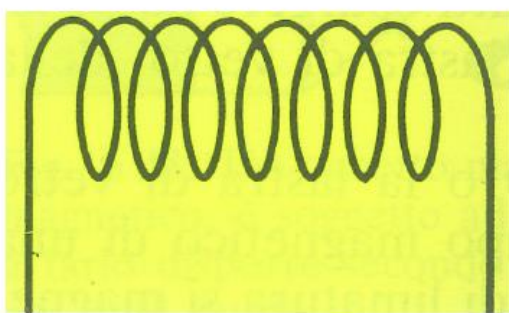
Platí:

$$B = 2 \pi 10^{-7} \frac{I}{r}$$

14. Elektromagnet

Velmi rozšířeným nástrojem je elektromagnet, u něhož se v principu jedná o válcovou cívku, jejíž vinutí jsou vinuta ve stejném smyslu. Magnetické pole, které vytváří proud I ve válcové cívce s vinutími N , odpovídá vektorovému součtu magnetického pole jednotlivých vinutí.

Matematicky platí:



Pro intenzitu magnetického pole platí:

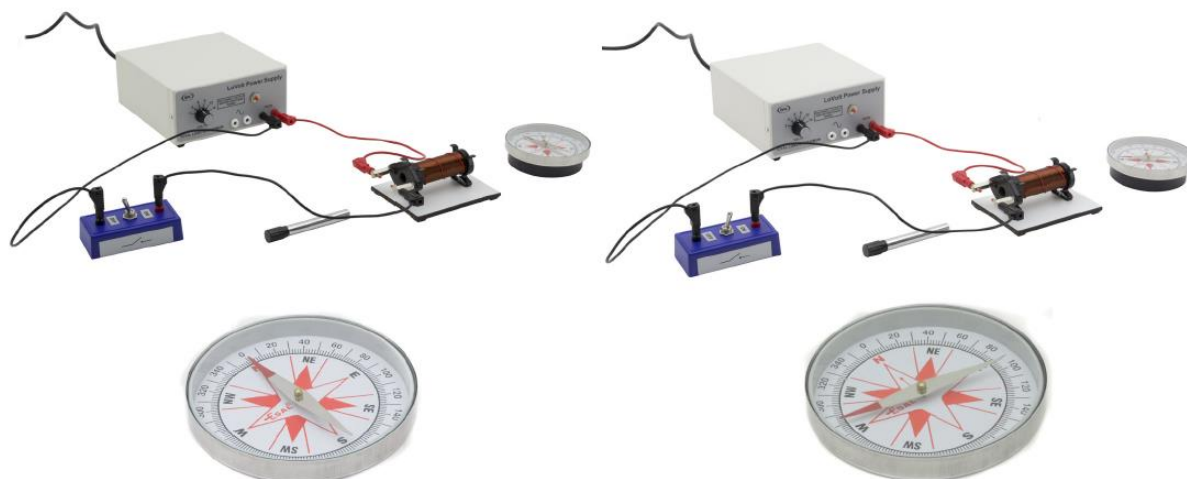
$$B_0 = 4 \pi 10^{-7} N \frac{I}{L}$$

Přitom je N počet vinutí, I je proud procházející cívkou a L je délka cívky.

Pokus 14

Potřebný materiál: *1 pár cívek s jádrem, 1 držák cívek, 1 spínač, 1 kompas, 3 kabely pro provádění pokusů 60 cm, 1 napájecí zdroj*

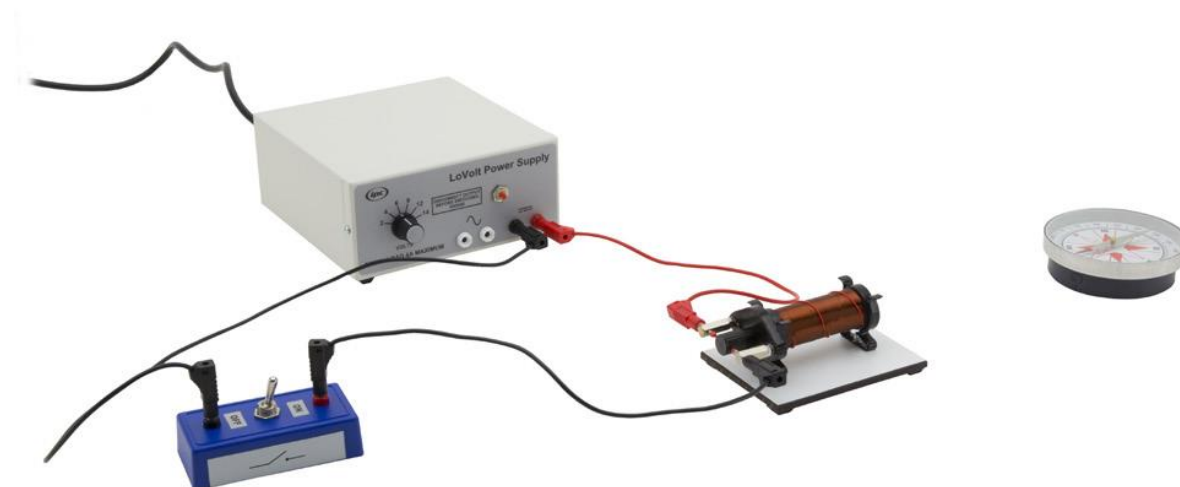
Uspořádejte pokus podle následujícího obrázku. Vyberte jako napájecí napětí 4 V. Protože magnetická střílka ukazuje na sever magnetického pole Země, zajistěte, aby byla cívka nasměrována k severnímu pólu magnetické střílky (viz následující obrázek vlevo dole). Nyní umístěte cívku do vzdálenosti cca 10 cm od kompasu. Jakmile sepnete spínač, nastaví se úhel θ , magnetické střílky, podmíněný interakcí magnetického pole cívky (viz obrázek vpravo dole).



Pokus 15

Potřebný materiál: 1 pár cívek s jádrem, 1 držák cívek, 1 spínač, 1 kompas, 3 kabely pro provádění pokusů 60 cm, 1 napájecí zdroj

Opakujte pokus tak, že do cívky zavedete 6 V, a zapište úhel θ_2 , o který se úhel změní oproti 4 V (viz obrázek dole). Zasuňte železné jádro do cívky a nyní zapište další změnu úhlu θ_3 . Zasunutím železného jádra magnetické pole opětovně zesílí.

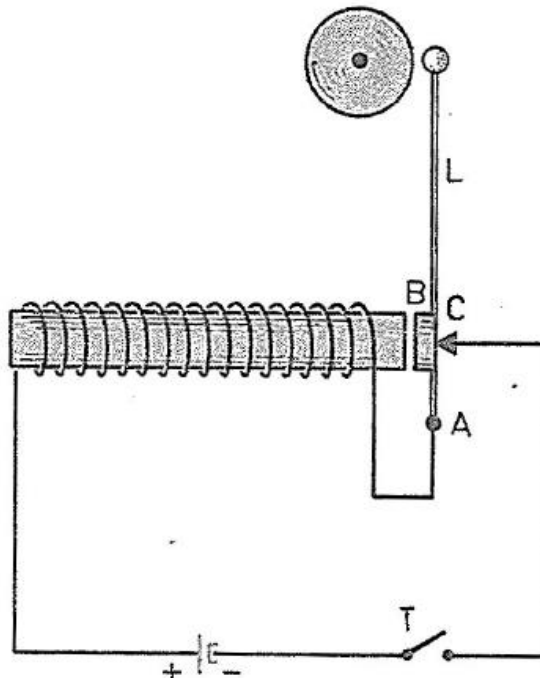


Faktor, o který zesílí magnetické pole (vzduchové) cívky, stanoví materiál železného jádra a nazývá se **relativní magnetická permeabilita** jádra, vyjádřená značkou μ_0 . Pokud ovíjeme cívku okolo železného jádra, zesílí magnetické pole a získáme **elektromagnet**. V další kapitole se věnujeme praktickému použití elektromagnetu, **elektrickému zvonku**.

15. Elektrický zvonek

Skutečnost, že železné jádro zesiluje magnetickou sílu cívky, se v praxi využívá u elektromagnetů. Elektromagnety se používají v mnoha přístrojích pro každodenní potřebu. Příklady jsou elektromagnetické spínače, reproduktory, relé atd. Jako zástupce jsme pro pozorování vybrali elektrický zvonek.

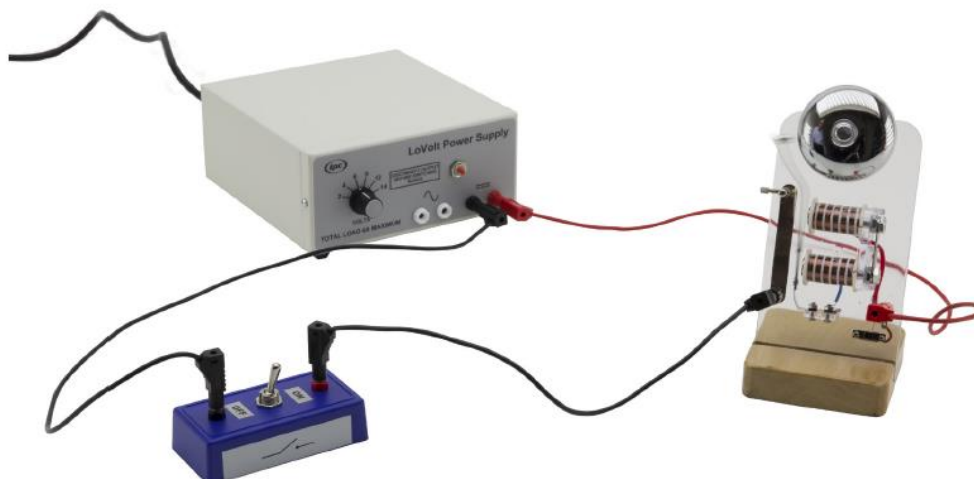
Tlačítko v elektrickém obvodu cívky **T** slouží k ovládání zvonku. Dále se v elektrickém obvodu nachází přerušovač **C**, který spíná sám elektromagnet. Jakmile stiskneme tlačítko **T**, přitáhne elektromagnet kotvu **B**. Kotva uvede do pohybu kladívko **L**, které udeří do zvonku. **C** současně přeruší elektrický obvod, takže se kotva **B** opět vrátí zpět do své výchozí polohy. Elektrický obvod se opět sepne a do elektromagnetu se opět zavede elektrický proud. Cyklus se opakuje. To se děje tak dlouho, dokud tlačítko **T** spíná elektrický obvod. Cyklické úderky kladívka na zvonek vytvářejí typický tón zvonku.



Pokus 16

Potřebný materiál: *1 napájecí zdroj, 1 elektrický zvonek
3 kabely pro provádění pokusů 60 cm, 1 spínač*

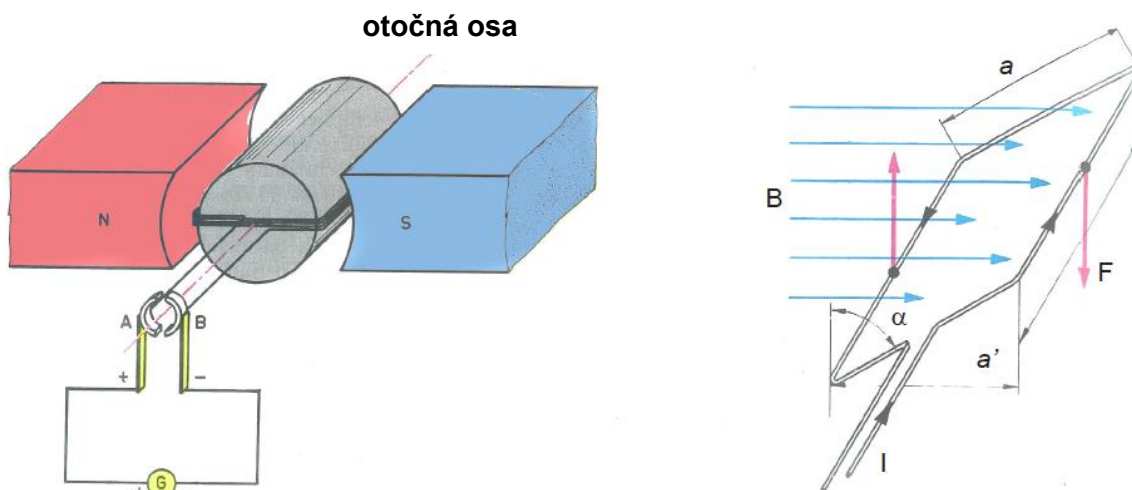
Uspořádejte elektrický obvod podle následujícího obrázku. Provozujte zvonek s 6 V. Můžete překontrolovat výše popsané chování.



16. Stejnosemřný motor

Síly, které působí na pohyblivé náboje v magnetickém poli, se používají například v elektromotoru (viz následující obrázek vlevo).

Připojky cívky, která se nachází na otočném jádru, jsou vyvedeny tak, že jsou spojené s laminovaným kolektorem, kterým lze cívku pomocí kluzných kroužků elektricky propojit se zdrojem napětí. Protože se cívka může volně otáčet v poli permanentního magnetu, působí při toku proudu na obou stranách opačná (magnetická) síla, která uvede cívku do rotace /viz obrázek vpravo dole).



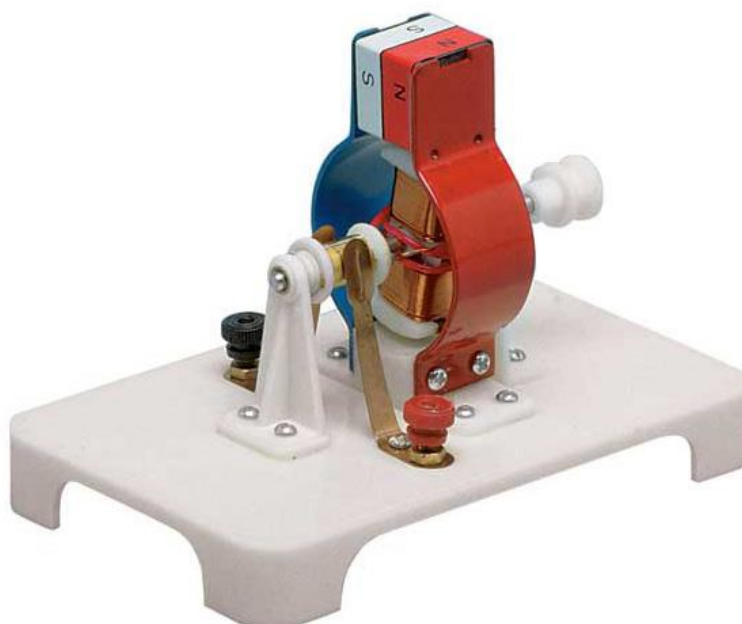
Pokus 17

Potřebný materiál: 1 elektromotor

Součástí dodávky sady žákovských cvičení je model stejnosměrného motoru. Namontujte motor podle následujícího obrázku a uveďte motor do provozu. Pamatujte na to, abyste napájecí napětí omezili na max. 6 V, protože jinak se cívka nepřípustně zahřeje a motor se může kvůli příliš vysokým otáčkám mechanicky poškodit. Od 3 V je možný spolehlivý provoz. Namontovaný motor je zobrazen na následujícím snímku. Pamatujte na to, aby kontaktní jazýčky dosedaly na kolektor a rotor se mohl volně otáčet mezi patkami pólů magnetu.

Otázky:

- Proč se mění směr otáčení motoru, když se otočí polarita magnetu?
- Proč se změní směr otáčení motoru, když se zamění připojky na napájecím zdroji?



17. Ampérova modelová hypotéza o magnetismu

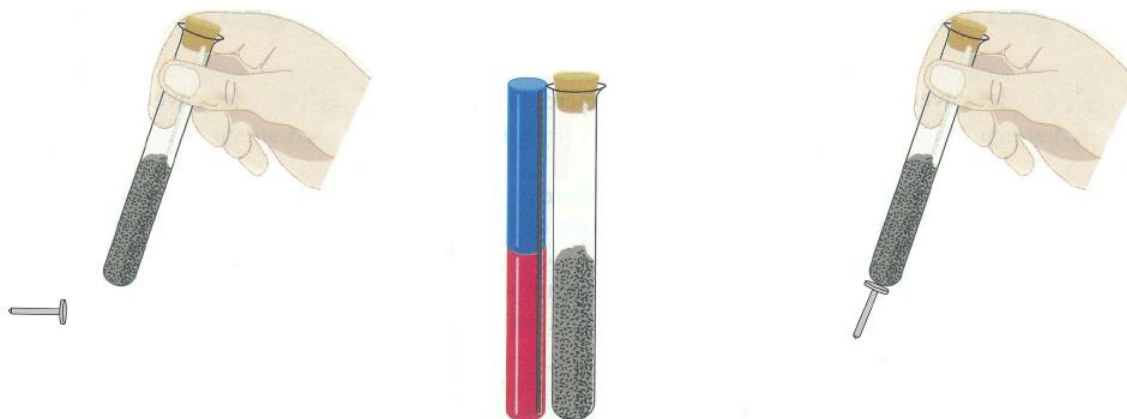
Již jsme uvedli, že v přírodě existují materiály, které přitahují feromagnetické materiály a byly označeny jako přírodní magnety. Kromě toho existují materiály jako nikl, kobalt a jiné slitiny, které (správně zpracované) rovněž mají vlastnosti přírodních magnetů.

Jaký je rozdíl mezi magnetizovaným a nemagnetizovaným materiálem? Při následujícím pokusu můžete tento jev prozkoumat podrobněji. Je založen na teorii francouzského fyzika Andrého-Marie Ampèra (1775 – 1836).

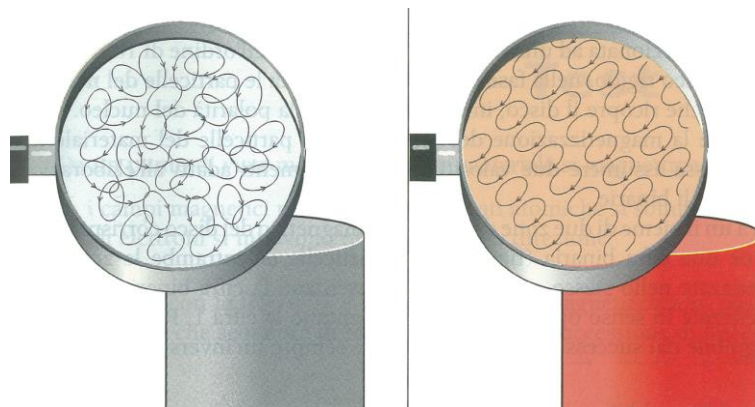
Pokus 18

Potřebný materiál: *1 tyčový magnet, 1 zkumavka, železné piliny, 1 plastová lžíce, 1 hřebík*

Naplňte železné piliny do zkumavky a uzavřete ji zátkou. Přiblížte zkumavku ke hřebíku, uvidíte, že hřebík není přitahován. Nyní přiblížte stejně jako na dolním obrázku uprostřed tyčový magnet ke zkumavce a přetřete jím zkumavku několikrát vždy ve stejném směru. Nyní umístěte zkumavku do blízkosti hřebíku a piliny naplněné ve zkumavce hřebík přitáhnou. Pokud byste železné piliny ve zkumavce sledovali pod lupou před a po magnetizaci, zjistili byste, že piliny jsou nejprve neuspořádané a po magnetizaci většinou uspořádané. Každá částice vytváří vlastní magnetické pole jako jednotlivá magnetická stříčka. Pokud nyní zatřepeme zkumavkou, ztratí piliny svoji magnetickou vlastnost, protože se opětovně přemístí do neuspořádaného stavu.



Znalost struktury hmoty nám umožňuje porozumět chování železných pilin. Každý jednotlivý atom magnetického materiálu lze považovat za mikroskopicky malou smyčku vodiče, kterou protéká elektrický proud a vytváří tak vlastní magnetické pole. Není-li materiál magnetizovaný, jsou malé smyčky vodičů neuspořádané a magnetický účinek se vzájemně neutralizuje. Je-li materiál magnetizovaný, jsou smyčky vodiče maximálně uspořádané a vytvářejí makroskopický magnetismus (viz obrázek dole).



nemagnetizované těleso

magnetizované těleso

18. Elektromagnetická indukce

Pod pojmem elektrická indukce se rozumí jev, který vyvolává elektrický proud ve vodičích - podmíněný magnetickým polem. Objevil ji anglický fyzik Michael Faraday (1791 – 1867) na základě experimentů, které prováděl v rámci svých testování interakce mezi proudy a magnetismem.

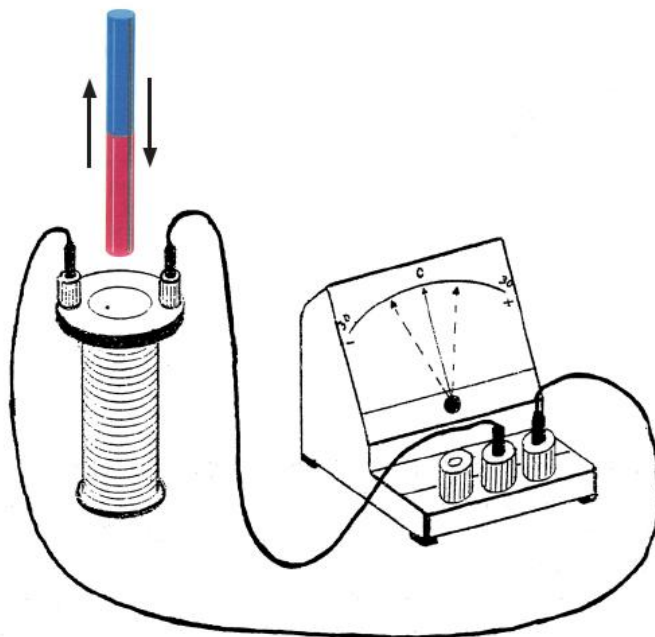
Pojďme si vyzkoušet několik jeho pokusů.

Pokus 19

Potřebný materiál: 1 pár cívek s jádrem, 1 tyčový magnet, 1 galvanometr, 2 kabely pro provádění pokusů 60 cm

Propojte cívkou s galvanometrem dle níže uvedeného obrázku. Jestliže pevně držíte tyčový magnet, uvidíte, že se ručička nikam nevychyluje.

Jakmile ponoříte magnet do cívky a vytáhnete jej, signalizuje vychýlení ručičky přítomnost elektrického proudu.



Zjistíme toto:

- Impulz proudu změní svoje znaménko, pokud se změní směr pohybu magnetu.
- Impulzy proudu jsou vždy stejné, nezávisle na tom, zda se magnet nebo cívka pohybuje. Relevantní je relativní pohyb z magnetu k cívce.
- Čím vyšší je rychlost pohybu, tím vyšší je impulz proudu.

Otázky:

- Změní se znaménko impulzu proudu, pokud se otočí směr pohybu magnetu?
- Změní se znaménko impulzu proudu, pokud se zamění polarita galvanometru?
- Změní se znaménko impulzu proudu, pokud se zamění polarita magnetu?

Můžete získat stejné výsledky, pokud nahradíte tyčový magnet cívkou, kterou protéká proud.

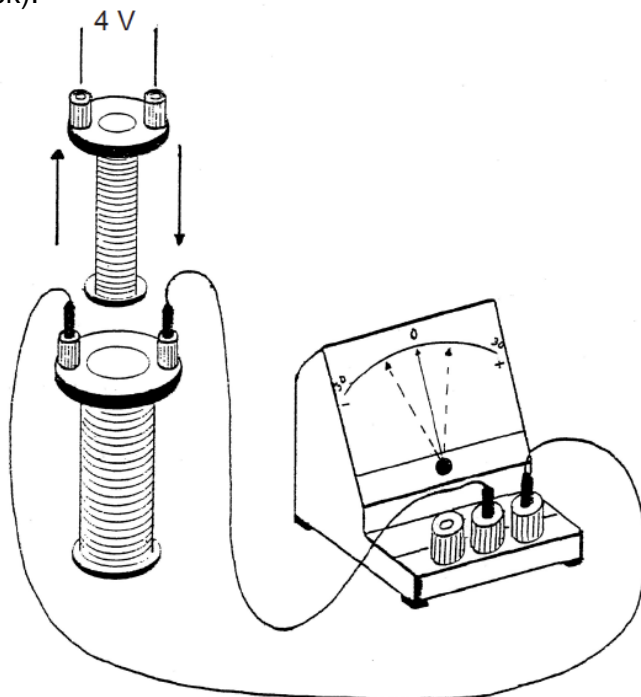
Pokus 20

Potřebný materiál: *1 pár cívek s jádrem, 1 napájecí zdroj, 1 galvanometr, 4 kabely pro provádění pokusů 60 cm*

Zde použijeme sekundární cívku jako indukující cívku (induktor) a primární cívku jako indukovanou cívku (indukční cívka).

Zaveďte do induktoru stejnosměrné napětí 4 V. Nyní se chová jako tyčový magnet.

Pohybujete-li jím uvnitř indukční cívky, zobrazí se na galvanometru opět impulzy proudu (viz následující obrázek).



Otázky:

- 1) Změní se znaménko impulzu proudu, pokud se změní směr pohybu vnitřní cívky?
- 2) Změní se znaménko impulzu proudu, pokud se otočí polarita napětí na vnitřní cívce?
- 3) Proč se zvýší impulz proudu, pokud se při konstantní rychlosti pohybu změní napětí na vnitřní cívce?

Pokus 21

Potřebný materiál: *1 pár cívek s jádrem, 1 napájecí zdroj, 1 galvanometr, 4 kabely pro provádění pokusů 60 cm*

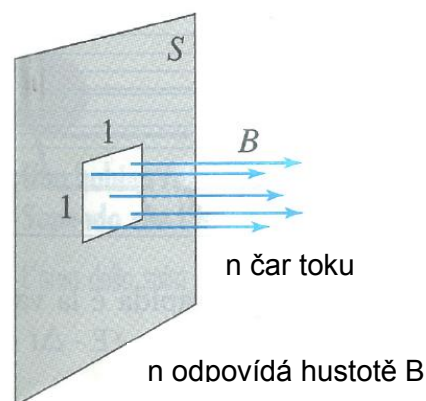
Opakujte poslední pokus tak, že do vnitřní cívky navíc vložíte železné jádro.

Otázka:

Jaký vliv má umístění železného jádra na vznikající impuls proudu, který zjistíte na galvanometru?

19. Magnetický tok

V poslední kapitole jsme určili směr magnetického pole pomocí magnetické střelky v daném bodě. Čáry magnetického toku popisují směr magnetického pole, jak je ukazuje magnetická střelka v daném bodě. Čáry toku se hodí nejen ke grafickému znázornění magnetického pole, představují popis **intenzity** pole. Ve skutečnosti platí: čím hustší jsou silové čáry pole, tím silnější je magnetické pole. Přesněji řečeno popisuje magnetické pole B počet čar toku, které probíhají pevně definovanou plochou (viz následující obrázek).



$$\Phi_c = B \cdot S$$

Φ_c definuje **magnetický tok**. Popisuje počet čar toku plochou S .

V mezinárodní jednotkové soustavě (SI) je jednotka magnetického toku **weber (Wb)**, která je definována takto:

$$1 \text{ Weber} = 1 \text{ Tesla} \times 1 \text{ metr čtvereční}$$

Pokud S definuje průřez smyčky vodiče a N je počet vinutí, platí pro magnetický tok cívky:

$$\Phi_c = N B S$$

20. Neumannův zákon

Ze zkoumání indukčních jevů v kapitole 18 vyplývá, že na základě změny magnetického toku $\Delta\Phi_c$ se na galvanometru zobrazuje indukovaný elektrický proud. Na druhé straně implikuje vytvoření impulsu elektrického proudu existenci **elektromotorické síly (EMK)**, která uvede elektrony do pohybu.

Z toho vyplývá:

Každá změna magnetického toku v elektrickém obvodu způsobí takto vytvořenou elektromotorickou sílu.

Hodnota ε elektromotorické síly (EMK) definuje Neumannův zákon:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi_c}{\Delta t}$$

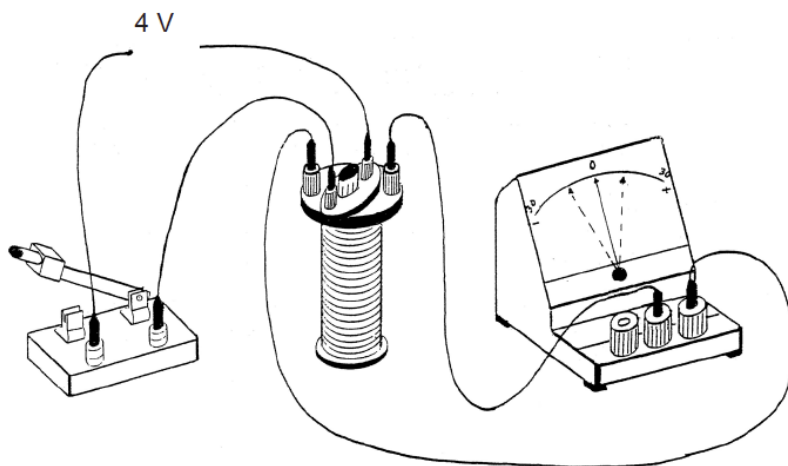
Přitom Δt popisuje časový interval, v němž se vytvářejí silové čáry magnetického pole. Čím menší je časový interval Δt , tím rychleji se mění magnetický tok.

V mezinárodní jednotkové soustavě (SI) je magnetický tok udáván ve weberech, čas v sekundách a EMK ve voltech (upozornění: ačkoliv se EMK nazývá „síla“, je jednotka „volt“). Při následujícím pokusu můžete prokázat, že vytvoření elektromotorické síly závisí výhradně na změně magnetického toku.

Pokus 22

Potřebný materiál: *1 pár cívek s jádrem, 1 napájecí zdroj, 1 galvanometr, 4 kabely pro provádění pokusů 60 cm*

Neumannův zákon můžete ověřit pomocí následující sestavy pokusu. Vložte přitom sekundární cívku s železným jádrem do primární cívky a zaveďte stejnosměrné napětí 4 V do sekundární cívky.



Sepněte a rozepněte několikrát elektrický obvod. Můžete na vychýlení ručičky galvanometru pozorovat vždy impuls se střídavým znaménkem. Při sepnutí spínače se indukuje kladné napětí, při opětovném rozepnutí vznikne záporný impuls napětí.

21. Lenzův zákon

Všechny přirozené jevy jsou určeny principem zachování energie, podle něhož se energie ani nevytvoří, ani nemůže ztratit. Pokud se smyčka vodiče nachází v magnetickém poli a magnetické pole se změní, indukuje se tok elektrického proudu ve smyčce vodiče, to znamená, že se vyrobí energie. Nachází-li se ve smyčce vodiče zatížení, přemění se tato energie na jinou formu, např. na tepelnou energii, světlo nebo mechanickou energii. Na základě věty o zachování energie nyní vyvstává otázka, odkud pochází energie, kterou vytvořila indukce.

K zodpovězení otázky slouží následující pokus.

Pokus 23

Potřebný materiál: 1 přístroj pro Lenzův zákon, 1 tyčový magnet

Namontujte přístroj pro Lenzův zákon dle následujícího obrázku vlevo. Jeden konec obsahuje uzavřený, druhá strana otevřený kovový kroužek. Oba kroužky jsou otočně uloženy na střelce ve vyvážené rovnováze.



Veźměte tyčový magnet a umístěte jej jedním pólěm ve směru přerušěného kroužku dle obrázku vpravo nahoře. Zjistíte, že se sestava nehýbe, protože kvůli přerušěnému vodiči nemůžě protěkat indukovaný proud.

Opakujte pokus s uzavřeným kroužkem. Zjistíte, že je kroužek odpuzován, nezávisle na tom, jaký pól magnetu ke kroužku přiblížíte. Pokud magnet rychle vytáhnete zevnitř kroužku, uvidíte, že magnet kroužek přitahuje (viz následující obrázky).

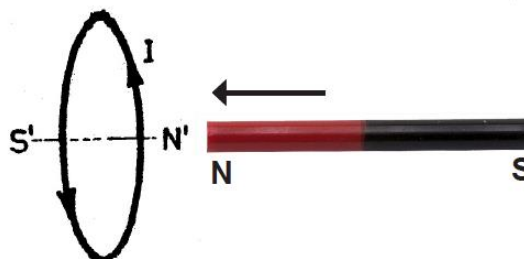


Výsledky pokusu lze interpretovat takto:

Pokud jeden pól magnetu rychle zasunete do kroužku, indukuje se na základě změny magnetického pole proud, který v kroužku vytvoří magnetické pole, jež je opačné než pole tyčového magnetu. Dojde tak k odpuzování. Pokud magnet rychle vytáhnete z kroužku, změní se směr toku proudu v kroužku, což má za následek otáčení vytvořeného magnetického pole. Na tyčový magnet tak působí přitažlivá síla.

Závěrem platí:

Přiblížíte-li severní pól ke kroužku, protéká v kroužku indukovaný proud proti směru chodu hodinových ručiček. Přiblížíte-li ke kroužku jižní pól, protéká proud ve směru chodu hodinových ručiček.



Magnet, který se přiblíží ke kroužku, produkuje v interakci v obou případech odpuzující sílu. Musí se tak vykonat práce, která odpovídá energii vyrobené ve smyčce na základě indukce.

Tento jev je rekapitulován v Lenzově zákonu, který říká:

Indukovaný proud má vždy takový směr, že působí proti příčině svého vzniku.

22. Zákon elektromagnetické indukce

Zákon uvedený v kapitole 21, který definoval ruský fyzik Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804 – 1865), kvantifikuje elektromotorickou sílu podle Neumannova zákona.

Ve vztahu k předcházejícímu pokusu, kde jsme například přiblížili severní pól tyčového magnetu ke kroužku, se změnil magnetický tok v kroužku $\Delta\Phi_c > 0$. Pro znázornění, že elektromotorická síla má směr, který působí opačně proti změně magnetického pole, stačí vložit před rovnici Neumannova zákona záporné znaménko.

Zákon elektromagnetické indukce tak lze vyjádřit následovně:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi_c}{\Delta t}$$

Upozornění:

Skutečné vybavení sady pro provádění pokusů se může mírně lišit od vyobrazení v této dokumentaci, protože naše přístroje jsou neustále inovovány.