

Magnetické pole

1) Magnetické pole permanentních magnetů

Různé způsoby demonstrace magnetického pole permanentních magnetů

Experiment ukazuje různé možnosti zobrazení magnetických indukčních čar permanentních magnetů a to, že magnety mohou mít různý počet pólů.

Pomůcky

permanentní magnety různých tvarů a typů, ocelové piliny, papír, magnetka, magnetická kapalina, magnetická detekční folie, železné piliny v oleji, případně modelína

Příprava a provedení

Postupně demonstруйте magnetické pole permanentních magnetů různými způsoby:

1) Pomocí ocelových pilin

Na magnet, jehož pole chceme zobrazit, položíme papír a na něj řídce nasypeme ocelové piliny. V případě potřeby na papír mírně poklepeme. Piliny se zobrazí do řetízku, které modelují přibližný průběh indukčních čar. Postupně demonstujeme magnetické pole tyčového magnetu, pole mezi póly dvou tyčových magnetů přivrácených k sobě souhlasnými a pak nesouhlasnými póly, pole podkovitého magnetu, pole různého uspořádání několika tyčových magnetů (pokud magnety nedrží na místě, lze je ke stolu „přilepit“ pomocí modelíny).

Pomocí nádoby s olejem, ve které jsou železné piliny, ukažte, jak vypadá magnetické pole v prostoru.

2) Pomocí magnetky

Magnetku umísťujeme do různých míst poblíž permanentního magnetu a pozorujeme její natočení.

3) Pomocí magnetické kapaliny

Magnetická kapalina (ferrofluid) je tekutá suspenze magnetických nanočástic v oleji. Z tohoto důvodu ji lze použít k podobným účelům jako ocelové piliny.

Nalijte trošku ferrofluidu do misky, zespodu přiblížte magnet a pozorujte zobrazený tvar.

POZOR! Ferrofluid je kapalina, se kterou je třeba zacházet s velkou opatrností! Magnet přibližujeme zásadně tak, aby mezi ním a magnetickou kapalinou bylo sklo (zespoda), při přiblížení seshora hrozí přitažení kapaliny k magnetu. Stejně tak přibližujeme vždy jen jeden magnet, pokud se u ferrofluidu dva cvaknou dohromady, hrozí vystříknutí kapaliny. Vzhledem k tomu, že ferrofluid je kapalina na olejové bázi, velmi špiní a špatně se čistí!

4) Pomocí magnetické detekční fólie

Fólie obsahuje částičky niklu v rosolovité suspenzi. Vzhledem k tomu fólie ztmavne, pokud magnetické pole prochází kolmo k fólii a zesvětlá, pokud prochází rovnoběžně s fólií.

Pokud pod fólii umístíme permanentní magnety různých tvarů a uspořádání, fólie zviditelní magnetické pole.

Závěr

Magnetické indukční čáry jsou uzavřené orientované křivky – vně magnetů směřují od severního pólu k jižnímu, uvnitř magnetu se uzavírají.

Ocelové piliny se uspořádají do tvaru podle průběhu magnetických indukčních čar, magnetka se natočí ve směru magnetických indukčních čar – její severní konec ukazuje k jižnímu pólu magnetu. Ferrofluid je přitahován k pólům magnetu, proto ukáže směr magnetických indukčních čar vycházejících z pólů. Magnetická detekční fólie změní odstín podle toho, zda v daném místě prochází magnetické indukční čáry kolmo na fólii nebo rovnoběžně s ní.

Poznámky

Při práci se žáky je třeba dbát na to, aby mezi pilinami a magnetem byla podložka (obvykle papír). Pokud je nasypeme přímo na magnet, bude se od pilin velmi špatně čistit.

Žákům lze ukázat i magnety s podivně uspořádanými póly – viz video <https://www.youtube.com/watch?v=IANBoybVApQ>

Magnetické pole Země

Experiment umožňuje zjistit velikost a směr magnetické indukce zemského magnetického pole.

Pomůcky

teslametr, LabQuest

Příprava a provedení

Připojte teslametr k LabQuestu a přepněte teslametr na menší rozsah.

Ve vodorovné rovině otáčejte teslametrem a najděte směr, ve kterém má magnetická indukce maximum a minimum. Tím jsme určili směr k severnímu a jižnímu magnetickému pólu. Poté otáčejte teslametrem ve svislé rovině ve směru sever jih a najděte úhel, ve kterém je mag. indukce maximální.

Závěr

Velikost magnetické indukce zemského magnetického pole je přibližně 0,05 mT. Magnetická indukce nemá směr rovnoběžný s povrchem země, ale svírá s ním v našich zeměpisných šířkách úhel přibližně 60°.

Poznámky

Experiment je v místnosti vhodné dělat na volném prostoru dál od kovových předmětů. Pro přesnější kvantitativní měření by bylo třeba ho dělat venku na volném prostranství (např. na louce).

Sondu magnetického pole má většina mobilních telefonů, místo teslametru tak lze použít aplikaci v mobilu.

Rozšiřující informace

Úhel, který svírá vektor magnetické indukce s povrchem Země, se nazývá inklinace, úhlový rozdíl mezi směrem k zeměpisnému a magnetickému pólu se nazývá deklinace. Současná magnetická deklinace je v Praze asi 3,5° východně.

Magnetickou inklinaci a deklinaci v konkrétním místě lze zjistit např. pomocí kalkulačky magnetického pole: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>.

Model kompasu

Experiment velmi jednoduše demonstruje princip kompasu. Lze ho zařadit do výuky už v šesté třídě, kde žákům pomůže pochopit, jak kompas funguje.

Pomůcky

kompas/buzola, jehla, magnet, miska s vodou, kousek polystyrenu

Příprava a provedení

Jehlu zmagnetizujeme (několikrát přes ni přejedeme magnetem vždy ve stejném směru), poté ji položíme na kousek polystyrenu do misky s vodou tak, aby se mohla volně otáčet. Jestliže nejsou v blízkosti žádné magnety, jehla se natočí v severojižním směru.

Závěr

Zmagnetizovaná jehla se natočí severojižním směrem stejně jako strelka kompasu.

Poznámka

Pro experiment je vhodnější větší miska, aby se „lodička“ s jehlou nechytila ke stěně.

Princip magnetického záznamu

Experiment ukazuje princip magnetického záznamu např. na magnetofonových kazetách.

Pomůcky

Pásmo, magnet, teslametr, LabQuest

Příprava a provedení

Jako magnetická páska bude sloužit kovové měřicí pásmo. Teslametr připojíme k LabQuestu a nejdříve zkontrolujeme, zda je pásmo „odmagnetované“ – přejedeme po něm teslametrem a pozorujeme, zda teslametr neměří výraznou výchylku. V případě potřeby pásmo po celé použité délce rovnoměrně přejedeme magnetem, čímž ho „odmagnetujeme“.

Poté na pásmo umístíme „magnetický záznam“ – na několika místech se shora dotkneme pásma (kolmo k jeho délce) magnetem (lze použít jen jeden pól magnetu nebo se přibližovat střídavě oběma póly,...). Jestliže teď přejedeme po pásmu teslametrem, budeme v grafu registrovat výrazné výchylky magnetického pole.

Závěr

Při dotyku magnetu došlo k trvalému zmagnetování pásma, což lze registrovat pomocí teslametru.

Poznámka

Ke čtení magnetického záznamu se obvykle používá „čtecí hlava“ – cívka, ve které se při pohybu zmagnetovaného pásma indukuje elektrický proud.

2) Magnetické vlastnosti látek

Demonstrace vlastností diamagnetických a paramagnetických látek

Cílem experimentu je ukázat chování diamagnetických a paramagnetických látek v přítomnosti magnetu.

Pomůcky

vzorek bismutu a chromu, neodymový magnet, váhy s citlivostí alespoň 0,01 g, nemagnetický stojánek

Příprava a provedení

Umístíme vzorek bismutu na stojánek z kelímků a váhy vynulujeme. K bismutu přibližujeme shora neodymový magnet, pozorujeme výchylku na vahách. Totéž zopakujeme se vzorkem chromu.

Závěr a vysvětlení

Bismut je diamagnetická látka, tzn. jejím vložením do vnějšího magnetického pole dojde k zeslabení mag. pole uvnitř vzorku. V důsledku toho se vzorek od magnetu odpuzuje. Naopak chrom je paramagnetická látka, ve vnějším magnetickém poli proto dojde k jeho zesílení uvnitř vzorku; ten se tak k magnetu přitahuje.



Proto, pokud přiblížíme magnet seshora ke vzorku bismutu, na váhách naměříme kladnou výchylku odpovídající odpudivé síle mezi magnetem a vzorkem bismutu. Naopak naměřená výchylka mezi magnetem a vzorkem chromu bude záporná, síla je tedy přitažlivá.

Naměřená síla je velmi malá, pohybuje se v řádech jednotek mN pro vzorky o hmotnosti několika desítek gramů.

Poznámky

Magnet by mohl ovlivnit elektroniku vah. Z tohoto důvodu jsou vzorky umístěny na stojánek, aby byl magnet od vah dostatečně daleko.

Váhy v experimentu slouží k měření přitažlivé/odpudivé síly mezi magnetem a vzorkem kovu. Pokud váhy nezobrazují zápornou výchylku, nenulujte váhy na počátku experimentu, ale měřte rozdíl hodnot na začátku a po přiblížení magnetu.

Vzhledem k tomu, že síla mezi magnetem a vzorkem kovu je velmi malá, je vhodné použít silný magnet a přiblížit ho ke vzorku blízko.

Mezi diamagnetické látky patří také například grafit, voda, měď, zlato a další. Mezi paramagnetické látky patří také modrá skalice, hliník, platina a další. Pro experiment byl vybrán bismut a chrom proto, že z dostupných látek je u nich jev nejlépe měřitelný (mají vysokou hodnotu permeability).

Varianta experimentu

Jiná varianta demonstrace chování diamagnetických a paramagnetických látek je vidět na obrázku. Ve dvou zkumavkách pověšených na torzním závěsu jsou umístěny vzorky látek – např. voda a modrá skalice. Pokud ke vzorku přiblížíme silný magnet, bude se závěs natáčet. Experiment je však velmi citlivý na proudění vzduchu a přesné vyvážení.



Diamagnetická levitace

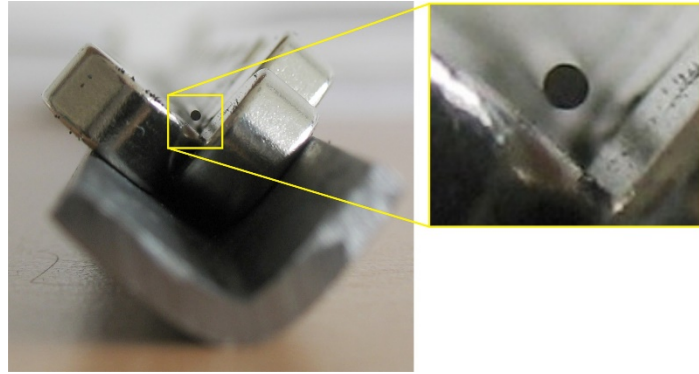
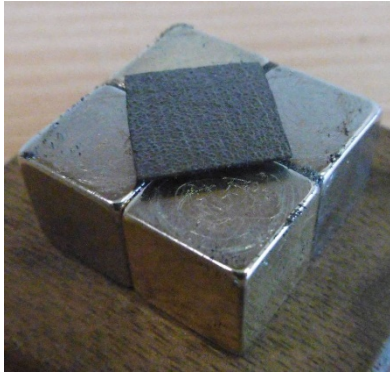
Experiment demonstruje odpuzování diamagnetických látek z vnějšího magnetického pole.

Pomůcky

čtverec z magnetů, destička z pyrolytického grafitu, žlábek z magnetů, tuha z mikrotužky

Příprava a provedení

Pokud umístíme destičku z pyrolytického grafitu nad čtverec z magnetů, dojde k odpuzování diamagnetického grafitu od magnetů – destička bude levitovat. Ke stejnému efektu dojde, pokud umístíme tuhu z mikrotužky do žlábků z magnetů.



Závěr

Diamagnetické látky se ve vnějším magnetickém poli odpuzují od zdroje mag. pole. Tato odpuzivá síla může způsobit, že se dostatečně lehký předmět z diamagnetického materiálu bude vznášet nad magnety.

Poznámka

Pro experiment s levitací tuhy ve žlábků z magnetů je třeba vybrat vhodné tuhy – v grafitu bývají přimíchány feromagnetické příměsi, takové tuhy se k magnetům přitahují. Podrobnosti týkající se vhodné velikosti magnetů a typu tuhy jsou uvedeny ve Sbírce fyzikálních pokusů.

Curieova teplota feromagnetik

Překročí-li při zahřívání feromagnetické látky její teplota charakteristickou hodnotu, stane se tato látka paramagnetickou. Pro každé feromagnetikum je tato tzv. Curieova teplota feromagnetika jiná. Při chladnutí přejde látka při této teplotě zpět do feromagnetického stavu. Většina feromagnetických látek má Curieovu teplotu poměrně vysokou – pro nikl je Curieova teplota přibližně 360 °C, pro železo 770 °C, pro kobalt 1 121 °C. V tomto uspořádání ale využijeme k demonstraci prvek gadolinium, který má Curieovu teplotu okolo 20 °C.

Pomůcky

vzorek gadolinia, nádoba s horkou vodou, nádoba se studenou vodou a ledem, pinzeta, malý feritový magnet

Příprava a provedení

Vzorek gadolinia vložíme do nádoby se studenou vodou a ledem, necháme ho ochladit. Poté ho ootřeme a demonstrujeme, že se k němu permanentní magnet přitahuje.

Dále ho vložíme do nádoby s horkou vodou a po prohřátí demonstrujeme, že se k němu feritový magnet viditelně nepřitahuje. Pokud vzorek gadolinia vložíme zpět do studené vody, stane se opět feromagnetickým.

Závěr

Při zahřívání překročí vzorek gadolinia svou Curieovu teplotu a tím přejde do paramagnetického stavu. Pokud ho opět ochladíme, stane se znovu feromagnetickým.

Poznámka

Protože se gadolinium v horké vodě dostatečně neprohřeje, je vhodné testovat přitahování magnetu s malým feritovým magnetem (je to na něm lépe pozorovatelné než např. silnějším neodymovým, ke kterému se gadolinium může i po chvíli v horké vodě ještě přitáhnout).

Varianty

Experiment lze provést i s ocelovým drátem, který budeme zahřívat plynovým kahanem. Drátek pověsíme na stojan a z boku umístíme magnet tak, aby byl drátek šikmo vychýlen a přitom se magnetu nedotýkal. Pokud drátek překročí Curieovu teplotu, přestane se přitahovat k magnetu a vrátí se do svislé polohy. Experiment v tomto uspořádání je náchylný na přesné umístění magnetu a dosažení dostatečné teploty drátku.

Použit lze i např. niklovou minci, která se za studena přitáhne, po zahřátí plynovým hořákem už se k magnetu nepřitáhne.

3) Magnetické pole okolo vodiče s proudem

Oerstedův pokus

Experiment demonstruje, že okolo vodiče s proudem je magnetické pole.

Pomůcky

zdroj ss napětí, magnetka, dvě Holtzovy svorky, spojovací vodiče

Příprava a provedení

Vodorovný přímý vodič upneme do Holtzových svorek a zapojíme ke zdroji napětí. Přímý vodič orientujeme rovnoběžně s magnetkou. Magnetku umístíme přibližně 1 cm pod vodič.



Krátce sepne obvod a pozorujeme, že se magnetka vychýlila ze svého původního směru. Poté změním směr proudu ve vodiči (polaritu zdroje) a pozorujeme, že se magnetka vychýlila na opačnou stranu.

Totéž provedeme s magnetkou umístěnou nad vodičem. Ve všech případech použijeme k ověření směru magnetických indukčních čar Ampérovo pravidlo pravé ruky.

Varianta

Experiment lze provést i s plochou baterií, ke které připojíme vodič na krátkou chvíli do zkratu. Pokud vodič umístíme svisle, lze pomocí magnetky ukázat indukční čáry okolo celého vodiče (ne pouze nad ním a pod ním).

Závěr

Z experimentu vyplývá, že v okolí přímého vodiče s proudem je magnetické pole – magnetka se vychýlila. Pro směr vychylování magnetky platí Ampérovo pravidlo pravé ruky: Přiložíme-li pravou ruku na vodič tak, aby palec ukazoval směr proudu, potom odchýlené prsty ukazují směr magnetických indukčních čar.

Magnetické pole kabelů

Experiment ukazuje, že magnetické pole vzniká i okolo napájecích vodičů běžných spotřebičů. K detekci magnetického pole je využít teslametr.

Pomůcky

Rychlovarná konvice, teslametr, LabQuest

Příprava a provedení

Teslametr připojíme k LabQuestu, nastavíme dobu měření na 0,1 s a vzorkovací frekvenci na 10 000 měření za sekundu. Přepínač na teslametru nastavíme na 0,3 mT. Do rychlovarné konvice nalijeme vodu, připojíme ji do zásuvky a zapneme. K napájecímu kabelu přiblížíme teslametr kolmo k vodiči a pustíme měření. Z grafu je vidět, že velikost magnetického pole se periodicky mění s frekvencí odpovídající frekvenci střídavého proudu.

Závěr

Okolo vodiče se střídavým proudem vzniká střídavé magnetické pole s frekvencí odpovídající frekvenci proudu.

Poznámky

Čím větší má varná konvice příkon, tím větší proud teče přívodním kabelem a tedy tím větší magnetické pole okolo kabelu vzniká. Současně je potřeba si uvědomit, že v přívodním vodiči jsou dva dráty, každým z nich teče proud opačným směrem.



Proto, pokud není experiment průkazný, je vhodné posunout teslametr na jiné místo (kde se nebudou vznikat magnetická pole od obou vodičů odčítat).

Proměnné magnetické pole, které vzniká okolo vodiče se střídavým proudem (a které tak indukuje v měřicí cívice proud) využívá k měření velikosti proudu v kabelu tzv. klešťový ampérmetr.

Magnetické pole vodiče a cívek různých tvarů

Pomůcky

zdroj ss proudu přibližně 20 A, ocelové piliny, spojovací vodiče, papír, vodiče na stojácích: přímý vodič, cívka tvaru solenoidu, cívka tvaru toroidu

Příprava a provedení

Vodič ve svislé poloze umístíme na papír a připojíme ke zdroji stejnosměrného proudu přibližně 20 A. Na destičku stojánku nasypeme ocelové piliny. Zapneme zdroj a poklepeme na destičku. Piliny vytvoří obrazec připomínající soustavu soustředných kružnic. Z obrazce usuzujeme na tvar magnetických indukčních čar.

Určíme směr proudu ve vodiči podle zapojení zdroje napětí a pozorujeme rozložení magnetických indukčních čar v okolí vodiče.

Totéž opakujeme postupně se solenoidem, toroidem.

Závěr

Magnetické indukční čáry magnetického pole přímého vodiče s proudem jsou orientované kružnicemi ležícími v rovině kolmé k ose vodiče a se středem v jeho ose.

Uvnitř solenoidu, v jeho střední části, jsou magnetické indukční čáry rovnoběžné s osou solenoidu, je tam tedy homogenní mag. pole. Magnetické pole vně solenoidu je podobné magnetickému poli tyčového magnetu. Konec solenoidu, z něhož vystupují magnetické indukční čáry, odpovídá severnímu pólu magnetu; opačný konec, do něhož magnetické indukční čáry vstupují, odpovídá jižnímu pólu permanentního magnetu.

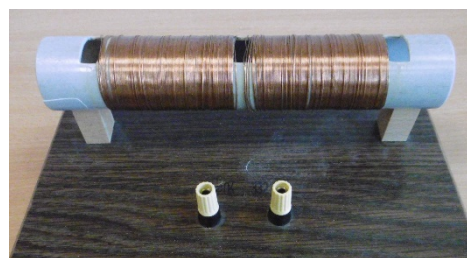
V dutině toroidu („v mezikruží“) jsou magnetické indukční čáry soustředné kružnice se středem ve středu toroidu. Ve středu cívky ani v jejím okolí magnetické indukční čáry nejsou, není zde magnetické pole.

Závislost velikosti magnetické indukce na proudu tekoucím cívkou

Experiment ukazuje, že velikost magnetické indukce („jak je pole silné“) uvnitř cívky tvaru solenoidu závisí na velikosti proudu protékající cívkou.

Pomůcky

dlouhá cívka 600 závitů, proměnný zdroj ss napětí, ampérmetr a teslametr Vernier, LabQuest, spojovací vodiče



Příprava a provedení

Cívkou a ampérmetr připojíme sériově k proměnnému zdroji stejnosměrného napětí. Teslametr vložíme do středu cívky. Labquest nastavíme tak, aby vykresloval graf závislosti magnetické indukce na proudu protékající cívkou. Zapneme zdroj napětí a postupně měníme proud procházející cívkou. V grafu pozorujeme závislost magnetické indukce na proudu.

Závěr

Magnetická indukce uvnitř solenoidu je přímo úměrná proudu tekoucímu cívkou. Konkrétně, magnetická indukce má velikost $B = \mu \frac{N}{l} I$, kde N je počet závitů cívky, I je proud procházející cívkou a l je délka cívky.

Elektromagnet

Experiment ukazuje princip elektromagnetu. Popsány jsou dvě varianty uspořádání.

Varianta se školní cívkou

Pomůcky

cívka 600 závitů, jádro I, plochá baterie, vodiče, kancelářské sponky nebo jiné lehké kovové předměty

Příprava a provedení

Cívkou nasadíme na I jádro a připojíme k baterii. Pomocí cívky zvedneme hrst kancelářských sponek nebo jiných drobných předmětů. Po odpojení cívky od baterie sponky odpadnou.

Cívkou připojíme k baterii bez jádra a porovnáme množství kancelářských sponek, které se na ní v tomto uspořádání udrží, s předchozím případem.

Poznámka: Může se stát, že díky zbytkové magnetizaci zůstane několik sponek na jádře i po odpojení od baterie. V tom případě je vhodné s cívkou mírně zaklepat.

Varianta s velmi jednoduchými pomůckami

Pomůcky

delší hřebík, drát, baterie, kancelářské sponky

Na hřebík namotáme několik desítek závitů drátu. Oba konce drátu připojíme k baterii, hřebíkem zvedneme kancelářskou sponku.

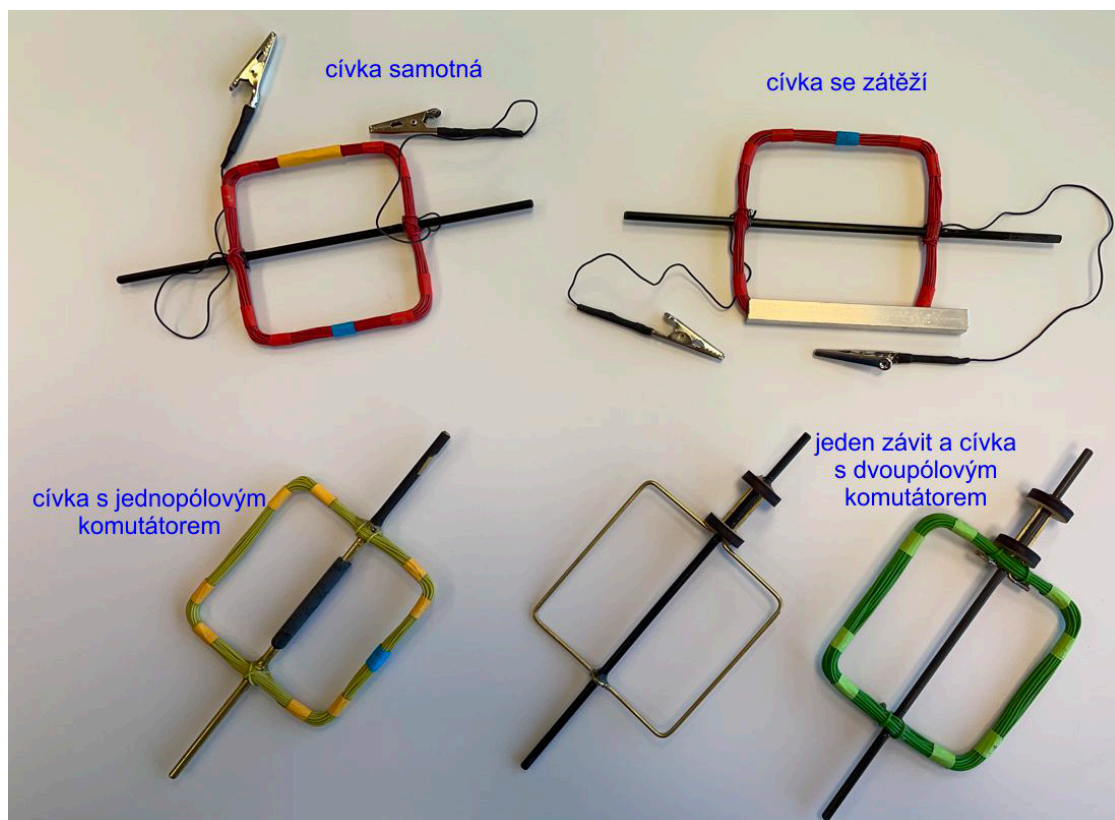
Tato varianta je vhodná například jako dobrovolný domácí úkol pro žáky. Hřebík zde slouží jako jádro cívky – z toho důvodu není vhodné cívku motat např. na dřevěnou tyčku.

Závěr

Okolo cívky s proudem vzniká magnetické pole. Magnetické pole je výrazně silnější, pokud je uvnitř cívky feromagnetické jádro.

4) Vodič a cívka s proudem v magnetickém poli

Následujících pět experimentů využívá sadu „Vodič v magnetickém poli“, jejímž autorem je Mgr. Václav Piskač. Součástí sady je samostatný rovný vodič a několik cívek:



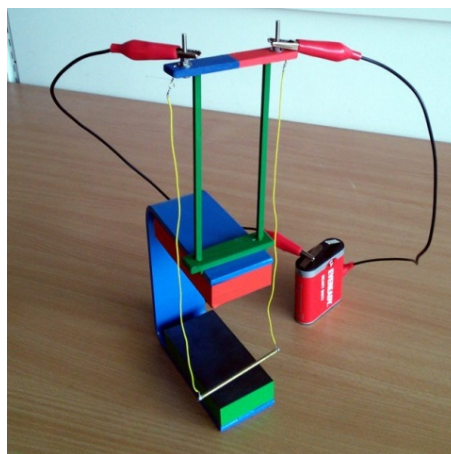
Působení magnetického pole na vodič s proudem

Pomůcky

demonstrační podkovovitý magnet, souprava – vodič v magnetickém poli, plochá baterie

Příprava a provedení

Experiment uspořádáme dle obrázku – přímý vodič (mosaznou tyčinku na dvou tenkých vodičích) na stojánku umístíme mezi póly podkovovitého magnetu a připojíme k ploché baterii. Pozorujeme, že se pohyblivý vodič vychýlí z původní polohy na jednu stranu. Změníme-li směr proudu procházejícího vodičem, pozorujeme vychýlení vodiče na opačnou stranu. Totéž provedeme po otočení magnetu „vzhůru nohama“. Pomocí zjištěného směru vychýlení vodiče ověříme Flemingovo pravidlo levé ruky.



Závěr

Na vodič s proudem v magnetickém poli působí magnetická síla. Směr této síly určíme pomocí Flemingova pravidla levé ruky: Přiložíme-li levou ruku na vodič tak, aby prsty ukazovaly směr proudu a magnetické indukční čáry vstupovaly do dlaně, ukazuje odtažený palec směr síly, kterou působí magnetické pole na přímý vodič s proudem.

Fyzikálně správnější je vysvětlení pomocí vektorového součinu magnetické indukce a proudu, použít lze i představu týkající se rozložení magnetických indukčních čar magnetu a vodiče a jejich vzájemného skládání.

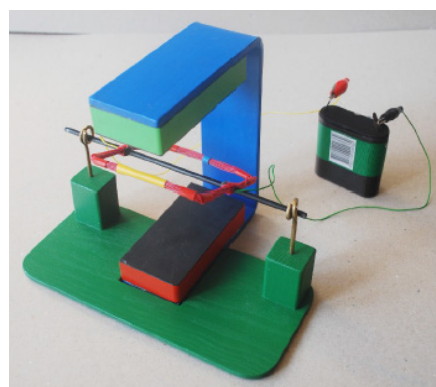
Působení magnetického pole na cívku s proudem

Pomůcky

Demonstrační podkovovitý magnet, souprava – vodič a cívka v magnetickém poli, plochá baterie

Příprava a provedení

Experiment zapojíme dle obrázku – do stativu umístíme cívku tak, aby byla mezi póly podkovovitého magnetu a její rovina byla přibližně svisle. Cívku připojíme k baterii a pozorujeme, že se cívka vychýlí. Poté otočíme směr proudu procházejícího cívkou (otočíme polaritu zdroje) a pozorujeme, že se cívka tentokrát natočila opačným směrem. Totéž zopakujeme s opačnou polaritou pólů magnetu.



Závěr

Na cívku, kterou protéká proud, působí v magnetickém poli síly. Proud v částech cívky rovnoběžných s osou teče opačným směrem, proto na horní a dolní část cívky působí magnetické síly opačným směrem. V důsledku toho se cívka natočí. V částech cívky kolmých na osu teče proud rovnoběžně se směrem magnetického pole, proto na ně magnetická síla nepůsobí.

Pokud otočíme směr proudu tekoucího v obou vodorovných částech cívky, natočí se cívka opačně.

Elektromotor s jednopólovým komutátorem

Pomůcky

Demonstrační podkovovitý magnet, souprava – vodič a cívka v magnetickém poli, plochá baterie

Příprava a provedení

Do stativu umístíme cívku s jednopólovým komutátorem. Cívku připojíme k baterii a pozorujeme, že se roztočí.

Pokud otočíme polaritu baterie, otočí se také směr otáček.

Závěr a vysvětlení

Cívka se v magnetickém poli natočí. V okamžiku, kdy by došlo k otočení směru síly působící na cívku (a tedy směru natočení cívky) je proud tekoucí do cívky přerušen pomocí bužírky. Cívka se setrvačností přetočí o 180° , kde do ní opět jde proud, a celá situace se opakuje.

Pokud otočíme polaritu baterie, působí na cívku síla opačným směrem, roztočí se proto na druhou stranu.

Elektromotor s dvoupólovým komutátorem

Pomůcky

Demonstrační podkovovitý magnet, souprava – vodič a cívka v magnetickém poli, plochá baterie

Příprava a provedení

Experiment připravíme podobně jako předchozí, pouze cívku s jednopólovým komutátorem zaměníme za cívku s dvoupólovým komutátorem. Elektromotor je napájen dotykem vodičů na vyvedené konce cívky. Pokud přiložíme vodiče na kontakty cívky, cívka se roztočí rychleji než v předchozím případě.

Místo cívky umístíme do stativu jeden závit s dvoupólovým komutátorem a pozorujeme, že se roztočí, i když pomaleji než cívka.

Závěr a princip komutátoru

Cívka (s komutátorem), kterou teče proud, se v magnetickém poli pootočí, díky komutátoru dojde k přepólování konců cívky, čímž dojde ke změně směru proudu v cívce. Moment síly, který působí na cívku, proto nezmění směr, cívka se opět pootočí a celý děj se opakuje.

Závislost velikosti magnetické síly na proudu

Experiment demonstruje, že velikost magnetické síly působící na vodič s proudem je závislá na proudu protékajícím vodičem, a ukazuje praktické využití tohoto poznatku v měřicím přístroji.

Pomůcky

demonstrační podkovovitý magnet, souprava – vodič a cívka v magnetickém poli, plochá baterie

Příprava a provedení

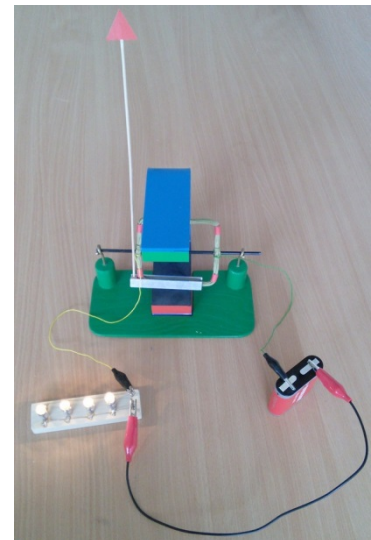
Do stativu umístíme cívku s hliníkovým profilem (sloužícím jako zátěž), sériově k ní připojíme panel se žárovkami a baterii. Do otvoru v hliníkovém profilu umístíme „ručičku“.

Žárovky jsou zapojeny paralelně, slouží proto jako „skokový reostat“ – proud procházející cívkou je úměrný počtu svítících žárovek. Žárovky zapínáme pootočením v patci.

Zapneme zdroj a pozorujeme výchylku ručičky v závislosti na počtu zapojených žárovek (tj. na proudu). Totéž zopakujeme s opačnou polaritou zdroje napětí.

Závěr

Výchylka cívky (a tedy magnetická síla) je úměrná proudu, který cívkou prochází. Experiment demonstruje princip ručičkového ampérmetru.



Vzájemné působení vodičů s proudem

Pomůcky

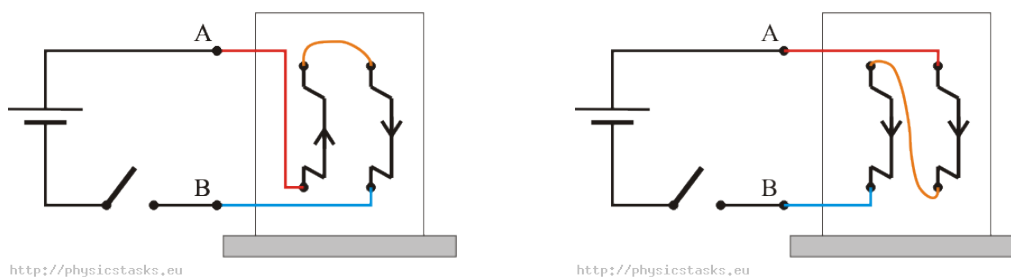
rovnoběžné pohyblivé vodiče ve stativu, akumulátor 6 V, spojovací vodiče

Příprava a provedení

Vodiče propojíme sériově a připojíme ke zdroji napětí. Pokus provedeme ve dvou krocích:

Oba vodiče propojíme nahoře. Obě spodní svorky připojíme ke zdroji. V tomto uspořádání prochází jedním vodičem proud směrem nahoru, druhým směrem dolů. Přiblížíme k sobě vodiče na vzdálenost několika milimetrů, zapneme spínač a pozorujeme, že se vodiče od sebe odpuzují.

Spojíme horní svorku jednoho vodiče se spodní svorkou druhého vodiče. Obě zbývající svorky připojíme ke zdroji. V tomto uspořádání prochází oběma vodiči proud stejným směrem. Zapneme spínač a pozorujeme, že se vodiče k sobě přibližují.



Vzájemné působení vodičů s proudem – proud ve vodičích prochází opačnými směry (vlevo) a stejným směrem (vpravo)

Závěr

Vodiče, kterými prochází proud, na sebe vzájemně působí silami. Mají-li proudy opačný směr, jsou tyto síly odpuzivé a vodiče se od sebe odtahují. Mají-li proudy stejný směr, jsou síly přitažlivé a vodiče se k sobě přibližují.

Poznámka

Vodiči protéká poměrně velký proud, nenechávejte je připojené dlouho!

Jednoduché motorky

Experiment ukazuje několik velmi jednoduchých konstrukcí elektromotorku. Žáci mohou různé konstrukce zkusit například v rámci laboratorních prací nebo jako dobrovolný domácí úkol.

Pomůcky

tužková baterie, neodymový magnet, kousek odizolovaného drátu, šroubek, alobal

Příprava a provedení

Varianta 1: Na tužkovou baterii z jedné strany umístíme neodymové magnety, drát odizolujeme na koncích, na jedné jeho straně uděláme smyčku, druhý konec zahneme tak, aby se dotýkal tužkové baterie. Pozorujeme, že se motorek roztočí. Pokud otočíme polaritu baterie, roztočí se motorek na druhou stranu.

Varianta 2: Na hlavičku šroubku umístíme neodymový magnet, špičku šroubu umístíme zespodu na baterii (viz obrázek). Jeden konec alobalu položíme na horní pól baterie, spodním koncem alobalu se dotkneme neodymového magnetu a pozorujeme, že se otáčí magnet i se šroubkem.



Závěr a vysvětlení

Motorek využívá toho, že povrch neodymového magnetu je vodivý – proud z baterie se přes něj uzavírá. Díky tomu, že drátem prochází poměrně velký proud, dostačuje síla, která na něj působí, k tomu, aby se roztočil.

Magnetický vláček

Experiment je vhodný jako motivační, šikovní žáci ho mohou udělat i jako dobrovolný domácí úkol.

Pomůcky

Měděná spirála (dlouhá ohebná cívka), dva neodymové magnety, tužková baterie

Příprava a provedení

Na baterii umístíme z každé strany neodymový magnet tak, aby stejné póly směřovaly k sobě. Celý „vláček“ vložíme do dlouhé měděné cívky a pozorujeme, že se vláček rozjede.

Závěr a vysvětlení

Cívkou v místech, kde je vláček, teče proud (je to nejjednodušší cesta pro proud z baterie, kudy se uzavřít). Díky tomu je v daném místě okolo cívky magnetické pole. Jestliže jsou magnety na baterii umístěny tak, aby se vzájemně odpuzovaly, magnetické pole cívky se s jedním magnetem přitahuje, s druhým odpuzuje a celý vláček se tak posouvá jedním směrem.

Poznámka

Měděný drát musí být vodivý po celé délce, tzn. nesmí být lakovaný.

Princip reproduktoru

Pomůcky

Souprava „hrající destička“, spojovací vodiče, dvě baterie 4,5 V

Příprava a provedení

„Hrající destičku“ připojíme k ploché baterii. Při sepnutí a opětovném rozepnutí obvodu pozorujeme, že destička „nadskakuje“. Pokud není pohyb destičky viditelný, otočíme směr polarity zdroje napětí. Destičku připojíme přes zesilovač ke zdroji hudby – destička slouží jako reproduktor. Dotekem můžeme cítit chvění.

Závěr

Magnetická síla působící na cívku s proudem vychýlí cívku kolmo na směr proudu a kolmo na směr magnetického pole (obvykle šikmo nahoru). Pokud cívku připojíme (přes zesilovač) ke zdroji hudby, bude se cívka chvět v rytmu hudby.

5) Bonus: netradiční využití permanentních magnetů

Levitující hračky

Experiment popisuje netradiční magnetické hračky, které mohou sloužit k oživení hodin fyziky. Lze je použít i jako problémový experiment, kdy učitel nechá žáky navrhnout hypotézy, jak je hračka udělaná.

Pomůcky

Hračky: levitující tužka, levitující globus, levitující žárovka



Příprava a provedení

- 1) Položte tužku nad podložku tak, aby se vznášela. Rozmyslete si, kde jsou umístěny magnety a které dvojice se přitahují/odpuzují. Rozmyslete si, jak je tužka udělaná.
- 2) Zapojte stojánek k zeměkouli do zásuvky. Do volného prostoru umístěte zeměkouli tak, aby stabilně levitovala. Prozkoumejte chování zeměkoule, pokud ji posunete ze stabilní polohy níž/výš. Jak se změní situace, jestliže není stojánek v zásuvce?
- 3) Zapojte stojánek k žárovce do zásuvky. Zavěste žárovku do volného prostoru tak, aby stabilně levitovala. Co se stane, pokud stojánek odpojíte ze zásuvky? Jakým mechanismem se dostává do žárovky elektřina, díky které žárovka svítí?

Závěr

- 1) V podložce jsou čtyři magnety, na tužce další dva. Magnetická síla tlačí tužku směrem dopředu, kde je ale „stěna“, která brání tužce v dalším pohybu dopředu.
- 2) Ve stojánku je na jedné straně magnet, na druhé elektromagnet. Elektronická zpětná vazba „hlídá“ polohu zeměkoule a podle potřeby upravuje magnetické pole elektromagnetu – zeměkoule proto není ve stabilní rovnováze, ale mírně kmitá.
- 3) Žárovka levituje na velmi podobném principu jako zeměkoule. Navíc zde dochází k bezdrátovému přenosu elektřiny mezi stojánkem a žárovkou.

Další informace

Velmi jednoduchý návod na vlastní výrobu levitující tužky lze najít v článku K. Lipertové z konference Dílny Heuréky v Náchodě 2017 (viz <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureky/sborniky/SbornikDilenHeureky2017.pdf>), podrobnější princip je popsán v článku L. Dvořáka z konference Elixíru do škol 2019 (viz https://www.elixirdoskol.cz/files/200001196-786c0786c2/Sborn%C3%ADk_HRadec_2019-1.pdf?ph=c5644e8a29).

Co se (ne)přitahuje k magnetu

Pokus ukazuje několik předmětů, které obsahují feromagnetické příměsi, které ale nejsou na první pohled vidět.

Pomůcky

cereálie, zápalky, dolarová bankovka, léky na srdce, neodymový magnet, miska s vodou, polystyren

Příprava a provedení

- 1) Zápalku s hnědou hlavičkou přiblížíme k magnetu a pozorujeme, že se nepřitahuje. Jestliže ji necháme vyhořet a přiblížíme ji k magnetu znovu, pozorujeme, že se hlavička přitáhne.
- 2) Kousek cereálie umístíme na polystyrenovou podložku do misky s vodou a pozorujeme, že se k magnetu přitahuje. Jestliže ji rozdrtíme na papíře a hýbeme s magnetem pod papírem, je vidět, že se některé kousky hýbou spolu s magnetem.
- 3) Dolarovou bankovku necháme volně viset. Jestliže se k ní přiblížíme s magnetem, bankovka se k němu přitáhne.
- 4) K prázdné tobolce od léku se přiblížíme magnetem a pozorujeme, že se tobolka přitáhne.

Poznámky

- 1) V sirce dochází k oxidaci, mění se paramagnetická forma oxidu železa na feromagnetickou.
- 2) Do některých cereálií je přidáváno železo, díky kterému se cereálie přitahují k magnetu.
- 3) Barva, která je použita na dolarové bankovky, je feromagnetická.
- 4) Účinná látka v léku je heptahydrát síranu železnatého (zelená skalice), ta je paramagnetická. Tobolky jsou ale barveny oxidem železitým, který je feromagnetický.

Literatura

Při zpracování experimentů jsme vycházeli z následujících zdrojů:

[1] E. Svoboda a kol.: Pokusy z Fyziky na střední škole 3. Prometheus, Praha 1999.

ISBN: 80-7196-009-8

[2] V. Piskač: Vodič v magnetickém poli. Brno, 2011. Dostupné na:

http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/vodic_v_magnetickem_poli.pdf

[3] Kuchařka. Jednoduché experimenty do hodin fyziky, chemie a biologie. Dostupné na:

<https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php>

Tento materiál vznikl v rámci opatření na podporu studijních programů zaměřených na přípravu budoucích učitelů na pedagogických i nepedagogických fakultách veřejných vysokých škol (2021).

Některé experimenty jsou také zpracované ve sbírce fyzikálních pokusů – viz

<http://kdf.mff.cuni.cz/pokusy/>.