

ELEKTŘINA A MAGNETISMUS

Soubor námětů pro motivační pokusy v přírodovědě

Dana Mandíková, Zdeněk Drozd



Elektrostatika

Elektrování těles a silové působení mezi nabitými tělesy

- **Elektrostatika s brčky**

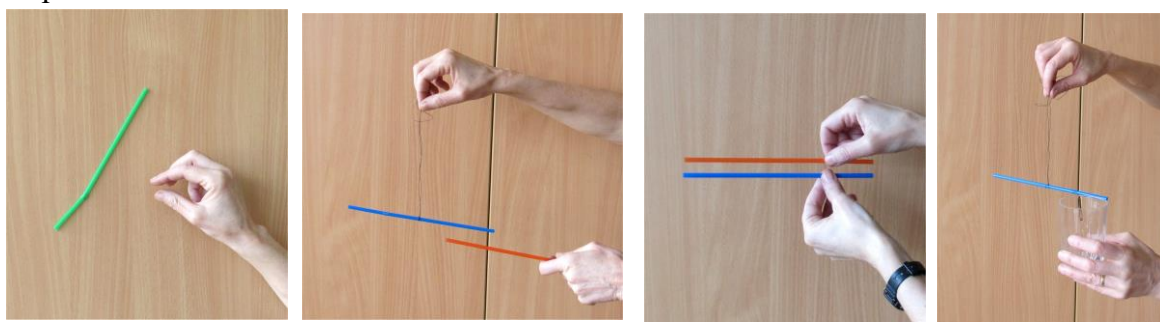
Pomůcky: brčka, papírové kapesníky, nit, nůžky, sklenička

Provedení: Přetřeme několikrát brčko papírovým kapesníčkem a přitiskneme ho na zeď, skříň či tabuli. Drží tam jako přilepené (třeba i několik dní).

Zavěsíme jedno brčko na nit a přiblížíme k němu druhé nabitě brčko.

Pak nabijeme přetřením i brčko zavěšené a přiblížíme k němu druhé nabitě brčko. Můžeme také zkusit podržet dvě brčka v prstech, přetřít je několikrát kapesníčkem a pak se je snažit k sobě přiblížit.

K nabitému zavěšenému brčku pak přiblížíme skleničku, kterou jsme několikrát přetřeli kapesníčkem.



Otázky pro žáky: Jak se chová zavěšené brčko, ke kterému přiblížíme brčko, které jsme přetřeli kapesníčkem? (Brčka se přitahují.)

Co se stane, když přetřeme kapesníčkem i zavěšené brčko? (Brčka se odpuzují.)

Co se stane, když k zavěšenému brčku, které jsme přetřeli kapesníčkem, přiblížíme skleničku, kterou jsme také předtím několikrát přetřeli kapesníčkem? (Brčko a sklenička se přitahují.)

Vysvětlení pokusu: Přetíráním jsme brčko nabili, přešly na něj záporné náboje z kapesníčku. Brčko je nabitě záporně a kapesníček kladně. Přitiskneme-li nabitě brčko na zeď, přeskupí se náboje v atomech a molekulách ve zdi tak, že kladné se přikloní k brčku a záporné se odkloní co nejdále. Kladné a záporné náboje se přitahují a brčko drží na zdi.

Přiblížíme-li záporně nabitě brčko k nenabitěmu brčku, přeskupí se v atomech a molekulách nenabitěho brčka náboje podobně jako ve zdi a brčka se přitahují.

Pokud jsou obě brčka nabitá záporně, odpuzují se.

Skleničku jsme přetíráním nabili kladně, záporné náboje z ní přešly do kapesníčku. Kladně nabitá sklenička a záporně nabitě brčko se přitahují.

Metodická poznámka: Dětem se dá říci, že jsme přetíráním brčko nabili, přeneslo se na něj něco z kapesníčku (a na kapesníčku to teď chybí). Proč brčko drží na zdi, není potřeba detailně vysvětlovat.

Děti by si z pokusu měly odnést, že nabitě a nenabitě brčko se přitahují a dvě stejně nabitá brčka se odpuzují. Brčko a sklenička, které jsou nabitě opačně, se přitahují.

• Elektrostatika s plechovkami

Pomůcky: plechovka, plastová trubka, skleněná tyč nebo sklenička, hadr, kousek kůže nebo papírový kapesníček, kus polystyrénu nebo talíř, kousky alobalu

Provedení:

1. Plechovku postavíme na polystyrén (ten je nevodivý a náboj přes něj nemůže cestovat). Na okraj plechovky upevníme proužek alobalu. Plastovou trubku přetřeme několikrát hadrem a otřeme ji o hranu plechovky. Několikrát to opakujeme. Alobalový proužek se zvedne a odkloní od plechovky. Pokud se plechovky dotkneme prstem, proužek klesne.
2. Plechovku znovu nabijeme a nabitou trubku přiblížíme z dálky k zvednutému proužku alobalu. Ten se od tyče odkloní.
3. Skleněnou tyč či skleničku přetřeme několikrát kouskem kůže či papírovým kapesníčkem a přiblížíme z dálky k zvednutému proužku alobalu na nabité plechovce. Tentokrát se proužek k tyči či skleničce přitáhne.



Otázky pro žáky: Co se stane, když trubku přetíráme hadrem? (Nabijeme ji.) K čemu dojde, když trubku otřeme o plechovku? (Náboj z trubky přejde na plechovku a ta se nabije.) Nabijeme plechovku, i když pod ní nebude polystyrén? Zkuste to. (Ne. Náboj uteče přes stůl do země.) Proč se zvedne proužek na plechovce, když ji nabijeme? (Část náboje přejde i do proužku a souhlasné náboje se odpuzují.) Zůstane náboj jen tam, kde jsme otřeli trubku, nebo se rozmístí po celé plechovce? Jak byste to zjistili? (Rozvěsíme po plechovce více proužků alobalu.)

Proč se proužek na nabité plechovce odklání od stejně nabité trubky? (Souhlasné náboje se odpuzují.)

Čím to může být, že se proužek na záporně nabité plechovce přitáhne k nabité skleničce? (Sklenička je nabitá opačným nábojem než plechovka. Kladný a záporný náboj se přitahují.)

Vysvětlení pokusu:

1. Přetíráním hadrem plastovou trubku nabijeme, přejdou na ni záporné náboje z hadru (ten bude nabitý kladně). Otřeme-li trubku o plechovku, přejdou záporné náboje na ni. Díky izolující podložce nemohou náboje „utéct“ přes stůl do země a plechovka zůstane nabitá.

Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Elektřina a magnetismus)

Záporné náboje přejdou i do proužku alobalu a ten se bude od plechovky odpuzovat a zvedne se (souhlasné náboje se odpuzují). Dotkneme-li se plechovky prstem, uteče přes nás náboj do země a plechovku vybijeme. Ukáže to proužek, který poklesne. Pokud chceme zjistit, zda je náboj rozložen po celé plechovce, umístíme na okraj plechovky, případně přilepíme i přímo na ni další proužky alobalu a sledujeme, zda se při nabití zvednou.

2. Proužek i trubka jsou nabitě záporně a souhlasné náboje se odpuzují. (Trubku je třeba přibližovat z dálky. Při přílišném přiblížení k proužku se uplatní jiný jev – elektrostatická indukce – viz dále a proužek se k trubce přitáhne.)

3. Sklo se nabíjí při přetření kůží či ubrouskem kladně. Opačné náboje se přitahují.

Metodická poznámka: Pokud by vám vadilo mírné štípnutí při vybíjení plechovky, dotkněte se jí třeba koncem klíče. Je-li šero, můžeme přitom vidět, jak přeskočí jiskra.

• Zelektrovaný balónek

Pomůcky: nafukovací balónek

Provedení: Balónek nafoukneme a zavážeme. Několikrát ho otřeme o oblečení a přitiskneme ho k sobě. Balónek na nás zůstane viset. Můžeme také balónek přitisknout na zeď či na strop.

Otázky pro žáky: Co se stalo s balónkem, když jsme ho otírali o oblečení? (Nabil se.)



Vysvětlení pokusu: Při otírání se balónek nabíje. K oblečení či ke zdi se přitahuje podobně jako brčko v úvodním pokusu, kde je uvedeno vysvětlení.

Metodická poznámka: Dobře funguje oblečení z umělých vláken.

• Skákající alobal

Pomůcky: brčko, papírový kapesníček, malé natrhané kousky alobalu, talíř

Provedení: Kousky alobalu dáme na talíř. Brčko několikrát přetřeme kapesníčkem a nabijeme ho tak. Brčko pak přiblížíme ke kouskům alobalu a sledujeme, co se stane.

Úkol pro žáky: Popište, jak se chovají kousky alobalu po přiblížení brčka.

Vysvětlení pokusu: Kousky alobalu se k nabitému brčku nejprve přitáhnou. Při přiblížení záporně nabitého brčka se přeskupí náboje v kouscích alobalu – záporné se přesunou co nejdále od brčka. Blíže k brčku bude na kouscích alobalu převažovat kladný náboj a alobal se k brčku přitáhne. Poté, co se kousek alobalu nabitého brčka dotkne, přejde část záporného náboje do alobalu a ten bude nabitý stejně jako brčko a odskočí od něj.



- **Skákající papírky**

Pomůcky: krabička s plastovým průhledným víkem, ubrousek, hadr

Provedení: Ubrousek natrháme na malé kousíčky a dáme je do krabičky. Krabičku zavřeme a plastové víko třeme hadrem.

Úkol pro žáky: Popište, jak se chovají papírky v krabičce při tření víka.

Vysvětlení pokusu:

Při tření hadrem víko nabijeme a papírky se k němu začnou přitahovat. V částicích tvořících papírky se přeskupí náboje tak, že opačné náboje se přikloní k nabitému víku a souhlasné náboje se přesunou od nabitého víka co nejdále. Opačné náboje se přitahují a papírky se tak přitáhnou k víku.



- **Poslušná bublina**

Pomůcky: plastová trubka, hadr, bublifuk

Provedení: Přetřeme několikrát trubku hadrem a tím ji nabijeme. Vyfoukneme z bublifuku bublinu a přiblížíme k ní nabitou trubku. Bublina se k trubce přitáhne.

Otázky pro žáky: Popište, jak se chovají bubliny při přiblížení nabité trubky a zkuste jejich chování vysvětlit. (Nabitá tyč bublinu přitahuje.)

Vysvětlení pokusu: Při přiblížení záporně nabité trubky k bublině se molekuly, které ji tvoří, stočí tak, že část s kladným nábojem se přikloní k trubce a záporná se odkloní od trubky. Bublina se začne k trubce přitahovat.



- **Poslušná plechovka**

Pomůcky: plastová trubka, hadr, prázdná plechovka od limonády

Provedení: Přetřeme několikrát trubku hadrem a tím ji nabijeme. Plechovku položíme na stůl a přiblížíme k ní nabitou tyč. Plechovka se k trubce přitahuje.

Vysvětlení pokusu: Přiblížíme-li záporně nabitou trubku k plechovce, záporné náboje, které mohou v plechovce cestovat, se odpudí od tyče. V části plechovky přikloněné k tyči převažuje kladný náboj a plechovka se k tyči přitahuje a začne se valit směrem k ní. Při valení se záporné náboje průběžně přesouvají co nejdále od trubky.



Metodická poznámka: Můžete dětem udělat soutěž, kdo rychleji a bez pádu převede plechovku přes lávku (udělat ji můžete ze dvou latěk položených přes opěradla židlí).

- **Otáčející se smeták**

Pomůcky: hadr, smeták, provázek, hřeben

Provedení: Smeták upevníme na provázek tak, aby se mohl otáčet ve vodorovné rovině. Hřebenem si několikrát pročeseme vlasy. Hřeben pak hned přiblížíme ke konci smetáku. Ten se začne za hřebenem otáčet. Všimneme si také, že při česání se vlasy (zejména čerstvě umyté) přitahují k hřebenu.



Otázky pro žáky: Proč se při česání přitahují vlasy k hřebenu? (Vlasy i hřeben se při česání nabíjí opačnými náboji a ty se přitahují.)

Vysvětlení pokusu: Hřeben se při česání nabíje. Hřeben a vlasy jsou nabitě opačně, a proto se vlasy k hřebenu přitahují. Přiblížíme-li pak nabitý hřeben ke smetáku, náboje v částicích ve smetáku se přeskupí (učeně se říká, že se zpolarizují) tak, že směrem k hřebenu jsou náboje opačné, než na něm a smeták se k hřebenu přitahuje.

Metodická poznámka: Pokud by efekt s hřebenem nebyl výrazný, použijte plastovou trubku a hadr.

- **Ohýbání pramínku vody**

Pomůcky: plastová trubka, skleněná tyč, hadr, kus kůže, vyšší vodovodní kohoutek

Provedení: Přetřeme několikrát trubku hadrem, a tím ji nabijeme. Nabitou trubku pak přiblížíme k tenkému pramínku vody. Obdobně to uděláme se skleněnou tyčí přetřenou kůží, která je nabitá opačným nábojem než plastová. Pramínek vody se k trubce v obou případech přitáhne.

Otázky pro žáky: Pramínek vody se k záporně nabitě trubce přitahoval. Jak se bude chovat, když k němu přiblížíme kladně nabitou tyč?

Vysvětlení pokusu: Při přiblížení záporně nabitě tyče se molekuly vody stočí tak, aby část s kladným nábojem byla blíže k tyči, a pramínek vody se k ní přitáhne. V případě kladně nabitě tyče se molekuly vody natočí k tyči záporně nabitou částí a opět se k ní přitáhnou.



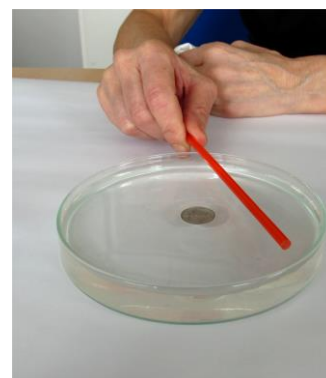
• Kouzlo s padesátníkem

Pomůcky: padesátník či jiná lehká mince, brčko, papírový kapesník, miska s vodou, nit, kousíček modelíny

Provedení: Padesátník připevníme kouskem modelíny na nit. Brčko přetřeme několikrát kapesníčkem a tím ho nabijeme. Nabité brčko přiblížíme k padesátníku. Přitáhne se k němu. Pak padesátník položíme opatrně na hladinu vody v misce. Opět k němu přiblížíme nabité brčko. Padesátník se tentokrát odpuzuje.

Úkol pro žáky: Popište, jak se chovala mince při přiblížení nabitého brčka, když visela na niti a když byla položena na hladině vody.

Vysvětlení pokusu: Přiblížíme-li záporně nabité brčko k zavěšenému padesátníku, odpudí se záporné náboje v padesátníku co nejdále od brčka. Blíže k brčku převažuje kladný náboj a padesátník se k brčku přitáhne. Jestliže plave padesátník na hladině vody, je situace trochu jiná. Brčko přitahuje i vodu. Hladina je pod padesátníkem prohnutá, takže je trochu pod úrovní okolní nezdeformované hladiny. Přiblížíme-li záporně nabité brčko, odpuzují se od něj sice stále záporné náboje v padesátníku, ale hladina vody je k brčku blíže, brčko ji přitáhne více a padesátník sklouzne po skloněné hladině a vzdálí se. Při přiblížení nabitého brčka je vidět mírné zvednutí hladiny vody.



• Vzájemné působení nabitých tyčí

Pomůcky: 2 plastové trubky, skleněná tyč, hadr, kus kůže, kus polystyrénu

Provedení: Plastovou trubku přetřeme několikrát kusem hadru a položíme ji na kus polystyrénu. Druhou plastovou trubku rovněž několikrát přetřeme hadrem a přiblížíme ji k druhé trubce. Trubky se budou odpuzovat. Pak vezmeme skleněnou tyč a přetřeme ji kusem kůže. Přiblížíme ji opět k nabité plastové trubce. Tentokrát se přitahují.

Otázky pro žáky: Proč se dvě nabité plastové trubky odpuzují? Proč se nabitá plastová trubka a skleněná tyč přitahují?

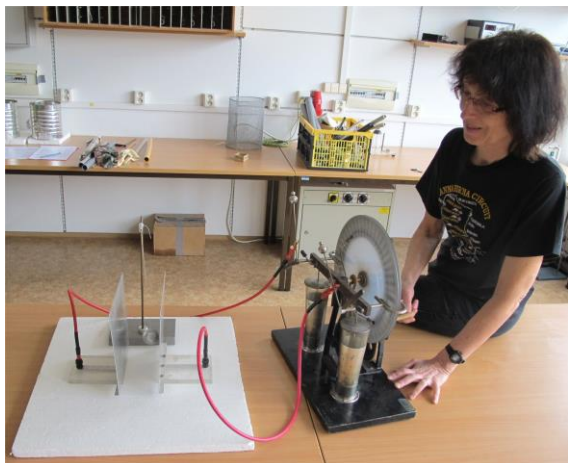


Vysvětlení pokusu: Plastové trubky jsou nabitě stejným nábojem, a proto se odpuzují. Plastová trubka a skleněná tyč jsou nabitě opačným nábojem, a proto se přitahují.

- **Elektrostatické kyvadélko**

Pomůcky: dvě plechové desky, izolační stojánky, pingpongový míček obalený alobalem, nit, stojan, zdroj vysokého napětí

Provedení: Dvě plechové desky na izolačních stojáncích připojíme ke zdroji vysokého napětí (např. indukční elektrika). Mezi desky zavěšíme na stojan pingpongový míček obalený alobalem pověšený na niti. Sledujeme chování míčku.



Otázky pro žáky: Zkuste vysvětlit, proč se míček odráží mezi deskami.

Vysvětlení pokusu: Míček se nejprve přitáhne k jedné z desek. Dotkne se jí, nabije se stejným nábojem a začne se od ní odpuzovat. Dotkne se druhé desky, nabije se od ní a odpudí se k druhé desce a děj se opakuje.

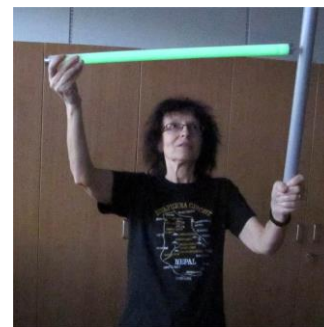
Metodická poznámka: Místo desek mohou sloužit i dlaně dvou dětí. Je třeba, aby stály na izolační podložce a druhou rukou se každý dotýkal jednoho z vývodů zdroje. Během pokusu se děti nesmí dotknout okolních předmětů ani sebe navzájem, aby „nedostaly ránu“ (ta sice neublíží, ale je nepříjemná).

- **Rozsvícení zářivky**

Pomůcky: plastová trubka, hadr, zářivka

Provedení: Přetřeme hadrem několikrát plastovou trubku a pak po ní přejedeme koncem zářivky. Zářivka se rozsvítí.

Vysvětlení pokusu: „Elektřina“ na tyči dokáže rozsvítit zářivku stejně jako „elektřina“ ze zásuvky.



- **Přes co cestuje náboj**

Pomůcky: dvě plechovky, plastová trubka, hadr, dva proužky alobalu, kus polystyrénu, kovová tyčka na izolačním držátku, dřevěná laťka, plastová tyčka

Provedení: Plechovky postavíme kus od sebe na polystyrén a na okraje zavěsíme proužky alobalu. Plastovou trubku přetřeme několikrát kusem hadru a nabijeme s ní jednu plechovku. Postupně ji propojujeme pomocí předmětů z různých materiálů s druhou nenabitou plechovkou. Proužek alobalu ukáže, kterými materiály náboj přejde i na druhou plechovku a kterými ne.



Úkol pro žáky: Roztřídíte materiály podle toho, zda jimi prochází či neprochází elektrický náboj.

Vysvětlení pokusu: Pokud je materiál, kterým propojujeme plechovky, vodivý, přejde část náboje na druhou plechovku, tak aby se náboje na nich vyrovnaly. To, že je nabitá i druhá plechovka, ukazuje zvednutý proužek alobalu.

Pokud je spojovací materiál nevodivý, náboj mezi plechovkami nepřechází a proužek na druhé plechovce se nezvedne.

- **Zářivka u plastové tyče a u plechovky**

Pomůcky: plastová trubka, hadr, žárovka, plechovka, kus polystyrénu

Provedení: Přetřeme hadrem několikrát plastovou trubku a pak se jí dotkneme koncem žárovky. Žárovka se rozsvítí. Pak se žárovkou dotkneme o kousek vedle. Žárovka se opět rozsvítí.

Plechovku postavíme na polystyrén a nabijeme ji. Pak se žárovkou dotkneme plechovky. Žárovka se rozsvítí. Dotkneme se o kousek vedle. Žárovka se tentokrát nerozsvítí.

Vysvětlení pokusu: Plastová trubka nevede elektrický náboj. Dotkneme-li se trubky v určitém místě, žárovka zasvítí. Trubka se vybije jen v místě dotyku.

Plechovka je vodivá. Při dotyku se žárovka rozsvítí a všechnen náboj z plechovky „uteče“ přes žárovku a ruku toho, kdo ji drží, do země.

Elektrostatická indukce

- Nabití plechovky bez dotyku tyčí

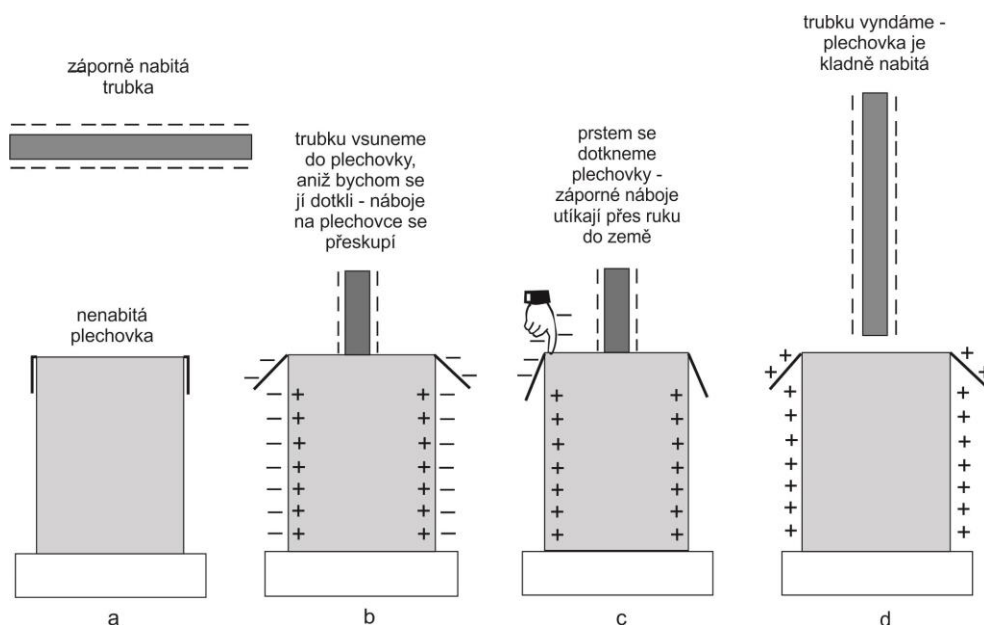
Pomůcky: plechovka, plastová trubka, hadr, proužek alobalu, kus polystyrénu

Provedení: Plechovku postavíme na polystyrén a na okraj dáme proužek alobalu. Nabitou trubku vložíme do plechovky, aniž bychom se jí dotýkali a druhou rukou se plechovky na okamžik dotkneme. Pak trubku vyndáme. Proužek alobalu zůstane zvednutý, plechovka je nabitá. Přiblížením nabité trubky zjistíme, jak je plechovka nabitá, zda stejně jako trubka nebo opačně.



Úkol pro žáky: Sledujte a popište postup, jak jsme nabili plechovku, aniž bychom se jí dotkli nabitou tyčí.

Vysvětlení pokusu: Postup nabíjení plechovky ukazuje následující obrázek.



Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Elektřina a magnetismus)

- **Elektrostatická indukce se dvěma plechovkami**

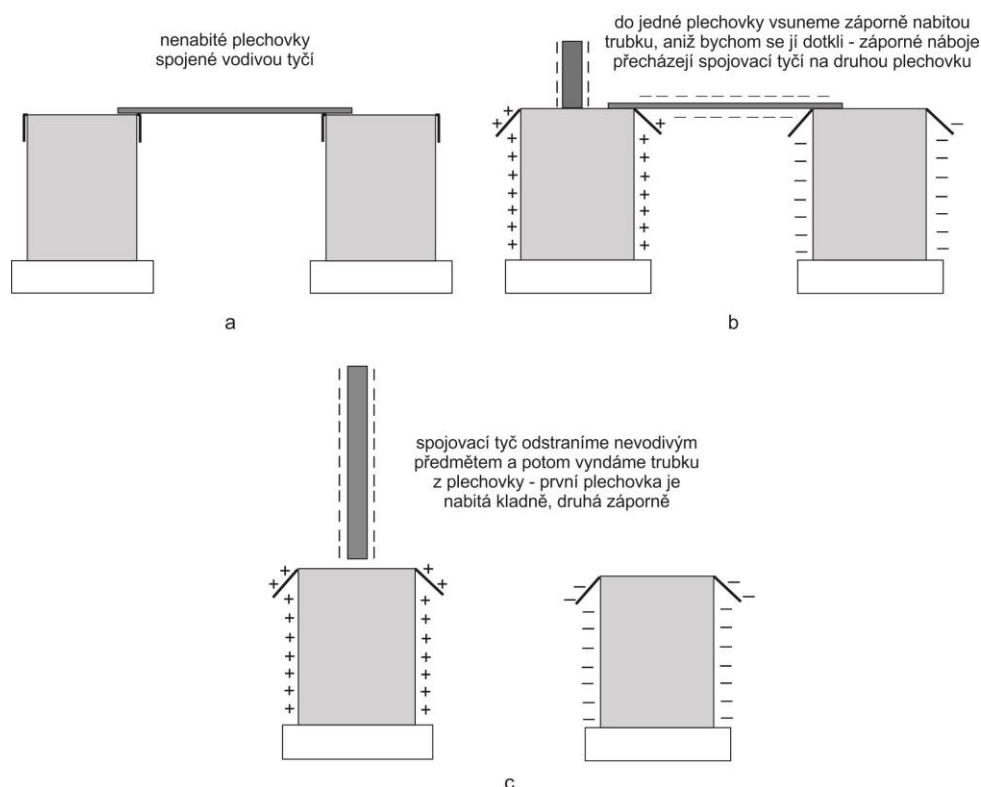
Pomůcky: 2 plechovky, plastová trubka, hadr, 2 proužky alobalu, kus polystyrénu, kovová tyčka s izolačním držátkem

Provedení: Plechovky postavíme na polystyrén, na okraj dáme proužek alobalu a spojíme je kovovou tyčkou s izolačním držátkem. Nabitou trubku vložíme do plechovky, aniž bychom se jí dotýkali a odstraníme spojovací tyč. Pak trubku vyndáme. Proužek alobalu zůstane zvednutý na obou plechovkách. Přiblížením nabité trubky zjistíme, jak jsou plechovky nabitě, zda stejně jako tyč nebo opačně.



Otázky pro žáky: Sledujte a popište postup, jak jsme nabili plechovky, aniž bychom se jich dotkli nabitou tyčí.

Vysvětlení pokusu: Postup nabíjení plechovek ukazuje následující obrázek.



Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Elektřina a magnetismus)

Metodická poznámka: Stejný pokus pak můžete provést se dvěma dětmi místo plechovek. Místo spojovací tyčky si podají ruce. To, jak jsou děti nabity, pak můžete zjistit pomocí zavěšeného záporně nabitého brčka, ke kterému přiblíží ruku. Od záporně nabitě se odpudí, ke kladné se přitáhne.

- **Klobouky – zviditelnění elektrického pole**

Pomůcky: klobouk z pletiva s kousky magnetofonové pásky, kus polystyrénu, zdroj vysokého napětí (indukční elektrika nebo Van de Graafův generátor)

Provedení: Nasadíme si na hlavu klobouk z pletiva, na kterém jsou připevněné kousky magnetofonové pásky. Stoupneme si na kus polystyrénu a necháme se nabít pomocí zdroje vysokého napětí. Můžeme nechat také nabít dvojici dětí s klobouky na hlavě a zkoumat, jak se pásky při přiblížení chovají.



Vysvětlení pokusu: Natažené pásky modelují, jak vypadá elektrické pole v okolí nabitých klobouků.

Metodická poznámka: Pokus lze provést i bez klobouku s čerstvě umytými vlasy.

- **„Faradayův kbelík“ – rozložení náboje na vodiči**

Pomůcky: kbelík či hrnec, alobalové proužky, plastová trubka, hadr

Provedení: Na kbelík navěsíme zvenku i zevnitř alobalové proužky. Plastovou trubku přetřeme několikrát hadrem a otřeme ji o hranu kbelíku. Několikrát to opakujeme. Proužky se na vnější straně kbelíku zvednou, uvnitř nikoliv.

Vysvětlení pokusu: Záporné náboje, které jsme na kbelík přenesli, se vzájemně odpuzují a rozloží se tedy po vnější straně kbelíku. Vnitřní strana kbelíku nabitá není. Uvnitř kbelíku není elektrické pole, říká se, že je odstíněno.



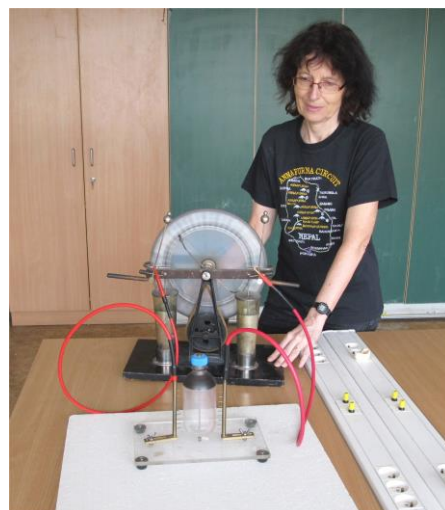
Metodická poznámka: V horách se při bouřce můžeme schovat do bivaku, kterým bývá plechová bouda. Ta odstíní v případě úderu blesku vzniklé elektrické pole a nám se nic nestane.

- **Elektrostatický motor**

Pomůcky: elektrostatický motor z PET lahve (viz obrázek), zdroj vysokého napětí, spojovací vodiče

Provedení: Motor připojíme k vysokonapěťovému zdroji. Motor - láhev se roztočí.

Vysvětlení pokusu: Roztočení lahve způsobuje jednak „elektrostatický vítr“. Ten vzniká tak, že z hrotů, které jsou nabitě záporně (jsou připojeny k zápornému pólu zdroje), jsou vystřelovány elektrony, ty nasedají na blízké molekuly, které se tím záporně nabijí a odpuzují se od hrotu. Kromě toho některé nabitě molekuly pak nasedají na láhev a vznikají na ní nabitá místa, která se od stejně nabitého hrotu odpuzují.



Elektrické obvody

- **Kdy svítí žárovka?**

Pomůcky: plochá baterie (4,5 V), žárovka na napětí max. 6 V (případně více baterií a žárovek, aby mohly děti pracovat ve skupinkách)

Provedení: Děti mají za úkol rozsvítit žárovku. Příkladají ji ke kontaktům baterie tak dlouho, až žárovka začne svítit. Žárovku je třeba připojit tak, aby se jeden kontakt baterie dotýkal „čepičky“ na spodní části žárovky. Druhý plíšek baterie se musí zároveň dotýkat objímky z boku.



Otázky pro žáky: Může žárovka svítit, když se jí dotýká jenom jeden plíšek baterie? (Nemůže.)

Záleží na tom, který plíšek baterie (+ -) se dotýká čepičky a který boku objímky? (Nezáleží. Důležité je to, aby se jeden plíšek dotýkal čepičky a druhý boku objímky. Jestli jde o kladný, nebo záporný pól, je jedno.)

Svítí žárovka, když se oba plíšky baterie současně dotýkají boku objímky, čepičky, skleněné baňky? (Nesvítí. Pokud se ale plíšky současně dotýkají stejné kovové části žárovky, baterie se rychle vybíjí, zahřívá se – jde o tzv. zkrat.)

Vysvětlení pokusu: Vláknem žárovky je jedním koncem připojeno k čepičce, druhým k boční části objímky. Aby žárovka svítila, musí vláknem procházet elektrický proud, a to je možné tehdy, když se jeden plíšek (tzv. pól) baterie dotýká čepičky a druhý pól boku objímky.

Metodická poznámka: Na žárovce je údaj o tom, na jaké napětí (na kolik voltů) je stavěna. Vybírejte takovou žárovku, aby byla na napětí mezi 4 V a 6 V. Žárovku na menší napětí byste mohli spálit, žárovka určená na vyšší napětí by špatně svítila (popřípadě by nesvítila vůbec).

Pokud budou děti zkoušet připojit oba póly baterie k stejnému vodivému místu na žárovce, může dojít k výraznému zahřívání místa dotyku i baterie a k rychlému vybíjení baterie. Tento pokus o rozsvícení žárovky tedy dělejte jenom krátkou dobu.

- **Součástky pro jednoduché elektrické obvody**

Pomůcky: dřevěná prkénka široká 6 cm a tlustá 2 cm (rozměry mohou být i jiné) – nejlépe smrková nebo borová, mosazné, nebo měděné hřebíčky dlouhé přibližně 2-3 cm, zvonkový drát, objímky na žárovky (vhodné jsou tzv. objímky do plošných spojů), žárovky 6 V/100 mA (nebo podobné hodnoty), páčkové spínače nebo přepínače, vodiče s krokosvorkami na koncích – prodávají se v baleních po desíti kusech.

Pokud si můžete vybrat mezi širokými a úzkými krokosvorkami, zvolte raději krokosvorky užší. Objímky, spínače a žárovky koupíte v prodejnách jako je např. GM electronic, GES electronic apod. (tyto prodejny poskytují i zásilkový prodej), prkénka, hřebíčky a zvonkový drát v prodejnách „typu Bauhaus“.

Dále budeme potřebovat kladívko, ploché kleště a pomůcky na pájení (páječku a pájku – tzv. cín).

Provedení: Pro nejjednodušší obvody budeme potřebovat jedno prkénko se spínačem, dvě prkénka se žárovkami a několik vodičů s krokosvorkami. Existují různé typy objímek a páčkových spínačů (popřípadě přepínačů) – je dobré prohlédnout si v obchodě, nebo v internetovém katalogu jejich nabídku a vybrat typ, který vám připadne nejvhodnější. Prkénko nařezeme na destičky dlouhé zhruba 5 cm. Mosazné (popřípadě měděné) hřebíčky dobře očistíme (např. v technickém benzínu – bývají totiž mastné od konzervačního oleje). Na prkénko připevníme objímku, nebo spínač. Podle typů, které máme k dispozici, je buďto přišroubujeme, nebo zlehka přitlučeme pomocí vývodů původně určených k připájení do plošného spoje. Na prkénko s objímkou (spínačem) přitlučeme poblíž kraje dva hřebíčky – podobně jako na obrázku. Vývody spínače (objímky) připojíme pájeným spojem k hřebíčkům. Do objímky nakonec našroubujeme žárovku. Variantou je použít místo měkkého dřeva tlustou překližku, předvrtat si úzké dírký pro zasunutí vývodů spínače (objímky), vývody nasunout do předvrtaných děr (musí to jít „ztuha“, díry tedy musí mít průměr stejný jako vývody) a nakonec těsně na dotek k vývodům zatlout hřebíčky. Hřebíčky v tomto případě nemusí být mosazné, lepší jsou ocelové – nebudeme na ně totiž nic pájet. Takovéto prkénko se součástkou je trvanlivější, hůře se ale vyrábí, protože překližka je tvrdá.



Metodické poznámky: Ujasněme si ještě trochu terminologii. Použili jsme názvy spínač a přepínač. Spínač má pouze dva vývody, které jsou v jedné poloze spínací páčky vodivě spojené, ve druhé poloze rozpojené. Přepínač má tři vývody. V jedné poloze páčky je vodivě spojen prostřední vývod s jedním z krajních vývodů, ve druhé poloze je spojen prostřední vývod s druhým krajním vývodem. U přepínače jsou tedy vždy dva ze tří vývodů propojené. Když zapojíme jenom prostřední a jeden krajní vývod, získáme obyčejný spínač. Druhá terminologická poznámka se týká pájky a pájedla (resp. páječky). Pájka je slitina, pomocí které pájíme. Lidově se jí říká „cín“. Dříve se používala slitina cínu a olova. Olovo je ale dnes pro pájení zakázáno, a proto se používají tzv. bezolovnaté pájky. Pájku koupíme většinou ve formě dobře ohebného drátku namotaného na cívce. Přístroj, kterým pájíme, se správně nazývá páječka, nebo pájedlo (lidově se mu ale nesprávně říká pájka). K pájení používáme ještě kalafunu. Ta slouží k tomu, aby spoj lépe držel – musí se jí ale používat jen malé množství.

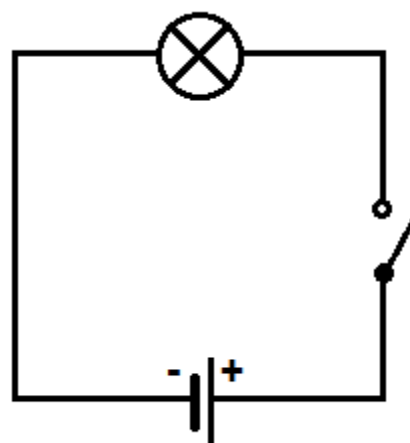
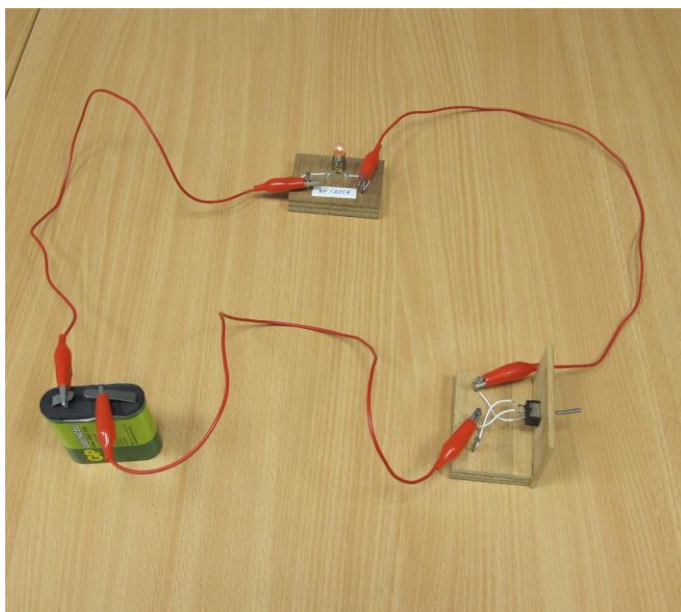
• Jednoduchý elektrický obvod

Pomůcky: prkénko se žárovíčkou (vyrobené podle výše uvedeného návodu), plochá baterie, vodiče s krokosvorkami, popřípadě prkénko se spínačem

Provedení: Děti dostanou úkol zapojit žárovíčku na prkénku tak, aby svítila.

Otázka pro žáky: Co musí být splněno, aby žárovka svítila? (V obvodu musí být zdroj napětí a obvod musí být uzavřený.

Provedení pokusu: Zapojení žárovíčky, baterie a spínače je vidět na fotografii. Spínač v obvodu být nemusí – v tom případě jsou vodiče od baterie vedeny přímo na svorky objímky žárovíčky. Pokud spínač zapojen je, můžeme vyzkoušet jeho funkci – v jedné poloze páčky žárovka svítí, ve druhé ne. Obvod můžeme také zakreslit formou schématu.



Metodická poznámka: Vhodná je žárovíčka např. 6 V/100 mA, ta nebude „svítit naplno“, ale dlouho vydrží. Pokud chceme, aby výrazně svítila, použijeme např. žárovíčku s hodnotami 4 V/0,5 A.

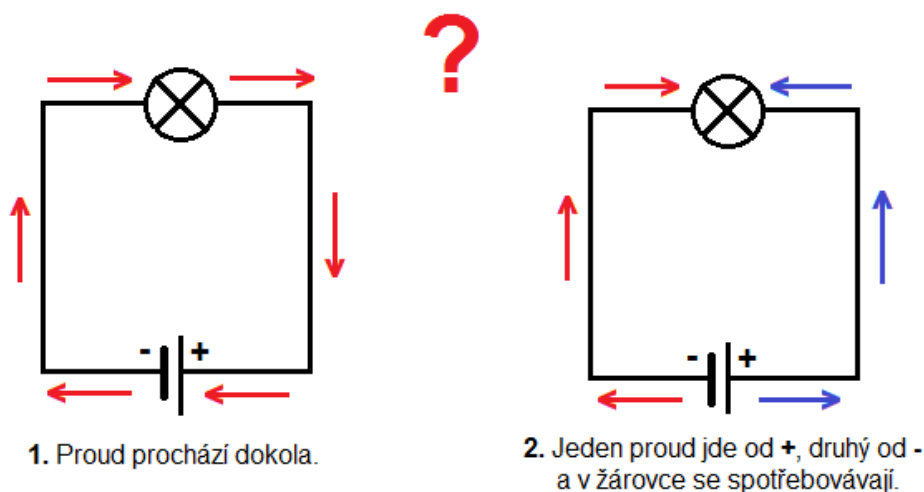
- **Jak cestuje proud v obvodu?**

Pomůcky: žárovka na destičce (6 V/100 mA, 4 V/0,5 A, nebo podobná), dvě ploché baterie (4,5 V), spojovací vodiče s krokosvorkami na koncích

Úkol pro žáky: Položme dětem otázku, jak asi „cestuje“ elektrický proud v obvodu. Jsou dvě možnosti, mezi kterými mají děti rozhodnout:

1. Proud prochází obvodem „dokola“ – to znamená, že jde od jednoho pólu baterie přes žárovku ke druhému pólu baterie (a nejspíš prochází i baterií samotnou).
2. Z kladného i záporného pólu baterie jde proud do žárovky, tam se proudy spotřebovávají a žárovka díky tomu svítí.

Jak to tedy je? Udělejte pokus, který jednu z těchto možností vyvrátí a druhou potvrdí.



Vysvětlení pokusu: Pokud platí situace č. 2 (obrázek vpravo), měla by žárovka svítit i tehdy, když „kladnou elektřinu“ povedeme od kladného pólu jedné baterie a zápornou elektřinu od minus pólu jiné baterie. To ale nefunguje. V obvodu tedy prochází jenom jeden proud, a to dokola.

- **Soutěž**

Pomůcky: několik žárovek (6 V/ 100 mA, nebo lépe na napětí okolo 4 V) – všechny stejné, různé předměty, které mají děti u sebe, nebo jim je přineseme (mince, sponky, klíče,...) – hodně z těchto předmětů by mělo být kovových, vodiče s krokosvorkami

Úkol pro děti: Rozsviňte žárovku přes co nejvíce předmětů. Zjistěte, co vede proud a co ne. Vyzkoušejte také tuhu do krajonu nebo mikrotužky.

Komentář k úkolu: Děti by měly přijít na to, že některé předměty vedou elektrický proud a jiné ne. Je tedy zapotřebí zapojit do obvodu co nejvíce vodivých věcí. Zapojují jednoduše tak, že je pokládají vedle sebe (na sebe) tak, aby se dotýkaly. Aby bylo zajištěno dobré připojení k baterii, je dobré připojit k ní dva vodiče s krokosvorkami. K Jednomu vodiči připojíme žárovku a k ní jeden konec řady předmětů, druhý konec řady předmětů připojíme k druhému pólu baterie.

Metodická poznámka: Pro děti (i pro vás) může být překvapivé, že tuha vede elektrický proud. Myslíte, že je vodivá i čára nakreslená tužkou na papír? Vyzkoušejte to.

- **Proč má žárovka baňku?**

Pomůcky:

varianta 1 (předváděli jsme na kurzu, nedoporučujeme opakovat): klasická žárovka na síťové napětí (např. s příkonem 60 W), objímka na desce s možností připojit vodiče, lihový, nebo plynový kahan, zavařovací sklenice s vodou, prodlužovací šňůra opatřená vypínačem

varianta 2 (bezpečná, doporučujeme udělat): žávička 6 V/100 mA nebo podobná, kleště, plochá baterie (4,5 V), destička s objímkou (není nutná), spojovací vodiče (nejdou nutné)

Provedení:

Varianta 1 (nebezpečná): Žárovku našroubujeme do objímky a pomocí vodičů je připojíme k prodlužovací šňůře s vypnutým vypínačem. Zapneme vypínač – žárovka svítí.

Přepneme vypínač na šňůře do polohy „vypnuto“, žárovku vyšroubujeme a nad kahanem ji zahříváme v místě kde se dotýká plechová objímka skleněné baňky. Žárovkou přitom otáčíme v rukou tak, abychom prohřáli celou oblast dotyku skla a plechu. Po zahřátí žárovku rychle ponoříme do zavařovací sklenice s vodou. Žárovka praskne – baňka se oddělí od objímky. Objímku s „obnaženým vláknem“ zašroubujeme zpět do objímky s vodiči a zapneme spínač na prodlužovací šňůře. Vláknem na okamžik vzplane a praskne.



Varianta 2 (bezpečná): Malou žávičku připojíme k ploché baterii a ukážeme, že svítí. Poté opatrně rozmáčkne baňku kleštěmi a zbytek žávičky bez baňky opět připojíme k baterii. Vláknem na chvíli vzplane a praskne.

Vysvětlení pokusu: Vláknó žárovky je vyrobeno z wolframu, který má velmi vysokou teplotu tání ($T_t = 3422\text{ }^{\circ}\text{C}$). Průchodem elektrického proudu se vlákno zahřívá na teplotu, která hodně převyšuje $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pokud by v okolí vlákna byl kyslík, došlo by k prudké oxidaci (hoření) a vlákno by za chvíli prasklo (což bylo vidět v našem pokusu). Baňka žárovky je naplněna netečným plynem (mohlo by tam být i vakuum), není tam kyslík, a proto nedojde k tomu, že by vlákno shořelo. Může být rozžhavené při zmíněné vysoké teplotě i tisíce hodin.



Metodická poznámka: Jak už jsme psali výše - tento pokus asi nebudete předvádět ve stejném provedení, jako jsme ho ukazovali přímo na kurzu (se žárovkou připojenou k síťovému napětí). Můžete ale předvést jeho bezpečnou variantu s malou žárovčkou (6 V/100 mA apod.).

• Sestavování jednoduchých obvodů

Pomůcky: dvě žárovčky (např. 3,8 V/300 mA) na prkénkách, plochá baterie (4,5 V), spojovací vodiče s krokosvorkami na koncích

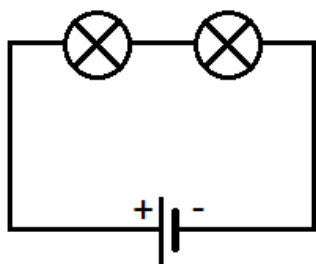
Provedení: Úkolem žáků bude zapojit dvě žárovky tak, aby při vyšroubování jedné z nich druhá zhasla a ve druhém případě, aby po vyšroubování jedné žárovky druhá svítila. Po úspěšném zapojení děti zkusí nakreslit schéma obvodu.

Otázka pro žáky: Vyzkoušeli jste si, že dvě žárovky je možné připojit k baterii dvěma způsoby. Jak jsou asi zapojena světla u vás doma? Bude to podobné jednomu z našich zapojení? (Jsou zapojena tak, aby po prasknutí žárovky v jednom lustru nezhasly lustry ostatní. Bude to tedy podobné našemu zapojení, při kterém po vyšroubování jedné žárovky zůstala druhá svítit.)

Liší se něčím svít žárovek v obou našich zapojeních? (Jednou svítí každá ze žárovek o poznání méně než ve druhém zapojení.)

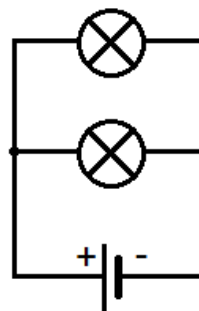
Vysvětlení pokusu: Pokud žárovky zapojíme tzv. do série (říká se také, že jsou zapojeny za sebou), znamená vyšroubování jedné z nich přerušování elektrického obvodu. Elektrický proud tedy neprochází ani žárovkou druhou. Žárovky v tomto zapojení svítí méně, než kdyby byla k baterii připojena jen jedna z nich. (Pokud jsou žárovky stejné, je na každé z nich poloviční napětí, vzhledem k napětí baterie – to se ale nepokoušejte vysvětlovat dětem, stačí, když si všimnou snížení jasu žárovek).

Ve druhém případě jsou žárovky zapojeny tzv. paralelně (vedle sebe). Když si pořádně prohlédneme schéma zapojení (nebo obvod samotný), vidíme, že každá žárovka má v podstatě své vlastní připojení k baterii. Není tedy závislá na tom, jestli je druhá žárovka vyšroubovaná, nebo ne. Je také jasné, že není důvod k tomu, aby žárovka svítila méně, když je připojena i druhá z nich. (To ovšem platí tehdy, když máme dostatečně „dobrou baterii“ – ta musí zvládnout dodávat proud dvakrát větší, než když svítí pouze jedna žárovka – tím se ale s dětmi nebudeme zabývat.)



seriové zapojení (zapojení žárovek "za sebou")

- vyšroubujeme jednu žárovku → zhasne i druhá



paralelní zapojení (zapojení žárovek "vedle sebe")

- vyšroubujeme jednu žárovku → druhá svítí dál

- **Čím měřit elektrické veličiny?**

Při některých pokusech potřebujeme změřit elektrické napětí, elektrický proud, nebo i jiné veličiny (při pokusech na 1. stupni ZŠ ale jiné veličiny měřit nebudeme). K tomuto účelu si můžete vypůjčit velké měřicí přístroje v kabinetu fyziky. Takové přístroje jsou ale drahé a možná nepochodíte... Existuje ale dostupná varianta. Jsou to levné multimetry (pořídíte je třeba i za 100 Kč). Pro měření při našich pokusech úplně stačí. Na následujícím obrázku jsou vyfotografovány dva multimetry, jejichž cena je přijatelná. Měření tedy není nedostupné ani na 1. stupni ZŠ.



zhruba 100 Kč

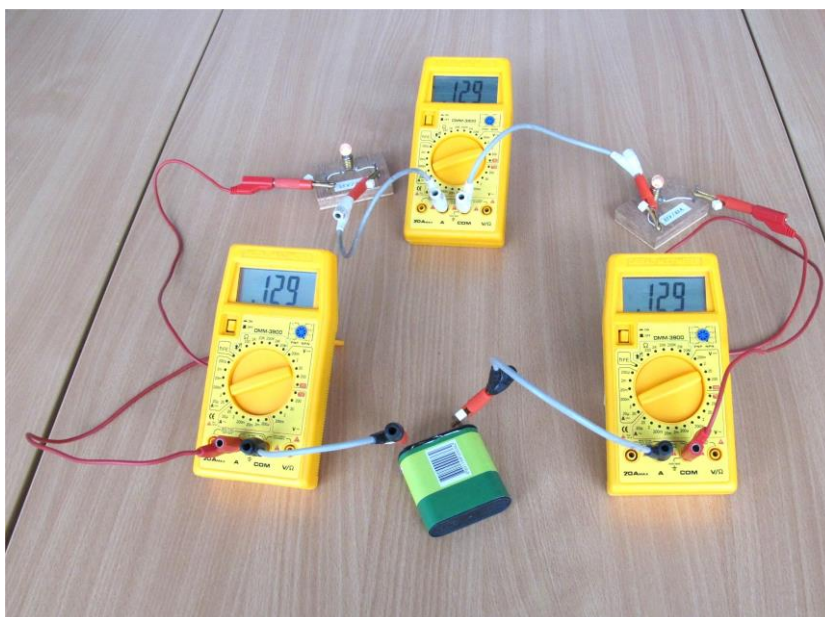
zhruba 200 Kč

- **Spotřebovává se proud ve spotřebičích?**

Pomůcky: plochá baterie (4,5 V), dvě žárovčky na prkénkách, tři multimetry, spojovací vodiče s krokosvorkami

Provedení: Dvě žárovky zapojíme do série s baterií (to už umíme z předchozího pokusu). Zeptáme se dětí, kde je asi největší elektrický proud. Možná nám řeknou, že se proud postupně ztrácí při průchodu žárovkami. Do obvodu zapojíme tři multimetry a uvidíme, že to tak není – proud je v celém obvodu stejný – nikde se „nespotřebovává“.

Vysvětlení pokusu: Výsledek pokusu se můžeme dětem pokusit vysvětlit nějak takto: Představme si elektrický proud, jako kdyby to byla voda proudící hadicí. Vody, která proteče začátkem hadice, je stejně jako vody, která teče kdekoli jinde v této hadici. Kdyby to tak nebylo, někde by se voda musela „hromadit“, nebo tam vznikat. Ani elektrický proud se nemůže v obvodu hromadit, nebo někde vznikat. Jsou to totiž „proudící elektrické náboje“ (fyzikálně to sice není nejšťastnější konstatování, ale pro první seznámení dětí s tímto problémem si to můžeme dovolit).



- **Jak se dá regulovat proud v obvodu?**

Pomůcky: plochá baterie, žárovka (např. 6 V/100 mA, nebo podobná), rezistory (např. 10 Ω , 22 Ω , 33 Ω , 100 Ω - větší hodnoty raději pro tento pokus nepoužívejte) – rezistory lze levně koupit v prodejnách s elektrickými součástkami (GM electronic, GES electronic apod.), reostat s odporem několik set ohmů, popřípadě multimetr, odporový trimr (miniverze reostatu)

Provedení: Zapojte jednoduchý obvod se žárovkou a baterií. Do obvodu postupně zapojujte různé rezistory, nebo postupně více rezistorů (rezistor je součástka s daným odporem) a sledujte jas žárovky. Místo postupného zapojování jednotlivých rezistorů se dá použít tzv. reostat – dlouhý kus drátu navinutý na keramickém válci s jezdcem, kterým se dá plynule měnit délka drátu zapojeného do obvodu. Můžete vyzkoušet i odporový trimr (s odporem několik set ohmů). Můžete také měřit proud v obvodu multimetrem, který zapojíte jako ampérmetr. (Dva typy reostatů a odporový trimr jsou vidět na přiložené fotografii.)



Vysvětlení pokusu: Přidáváním rezistorů do obvodu (nebo zapojením reostatu a postupným zvětšováním jeho odporu) se zmenšuje elektrický proud. Můžeme to pozorovat na klesajícím svitu žárovky (při menším proudu méně svítí), nebo pomocí ampérmetru (kterým je v našem případě v obvodu zapojený multimetr).

Metodická poznámka: Použití ampérmetru je sice velmi názorné, pro děti ale nemusí být jasné, jak ampérmetr do obvodu zapojit, jak nastavit jeho rozsah, jak vůbec přepnout multimetr do režimu ampérmetru apod. Více, či méně svítící žárovka bude zřejmě dětem pochopitelnější a pro účely našeho pokusu úplně stačí. Použití multimetru tedy náležitě zvážíme (pro některé děti to může být přínosem, pro jiné ne...). Tato poznámka samozřejmě platí i pro jiné pokusy, v nichž navrhujeme použití multimetru,

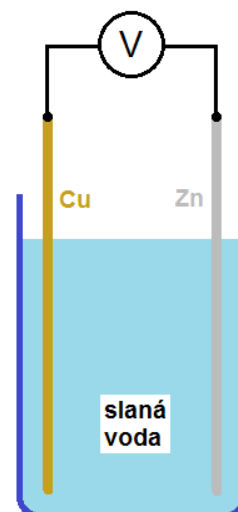
ELEKTRICKÉ ZDROJE

• Model elektrického článku

Pomůcky: sklenice, pásek z měděného a pozinkovaného plechu (popřípadě i z jiných kovů), uhlíková tyčinka vymontovaná z monočlánku z rozebrané ploché baterie (není nutná), voda, sůl, citronová šťáva, ocet, multimetr s připojovacími kablíky (jsou příslušenstvím každého multimetru)

Provedení: Do sklenice nalijeme vodu a osolíme ji. Do slané vody ponoříme dva plechové pásky z různých kovů (nejlépe měděný a pozinkovaný). Plechy se nesmí navzájem dotýkat. K plíškům připojíme multimetr přepnutý do funkce voltmetru. Zvolíme malý (stejnosměrný) rozsah voltmetru (např. 2 V, na některých voltmetrech to bude uvedeno jako 2000 mV). Pozorujeme, že jsme vyrobili zdroj elektrického napětí – naměříme nejspíše několik desetin voltu. Osolenou vodu vyměníme za roztok vody a octa, popřípadě vody a citronové šťávy. Opět naměříme elektrické napětí mezi plíšky ponořenými do roztoku.

Pokud máme k dispozici uhlíkovou tyčinku, můžeme pokus vyzkoušet s ní jako jednou elektrodou a pozinkovaným (nebo jiným) plíškem jako elektrodou druhou.



Vysvětlení pokusu: V roztoku (jde o tzv. roztok elektrolytu), ve kterém jsou ponořeny dva plíšky z různých kovů, probíhají chemické reakce, které způsobují vznik elektrického napětí mezi plíškami (říkáme jim elektrody). Jako elektrody nemusíme použít jenom kovy. Může to být uhlíková tyčinka a např. pozinkovaný plech.

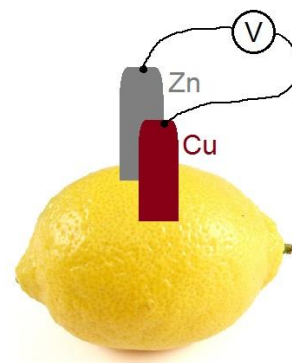
- **Elektřina z citronu**

Pomůcky: citron (popřípadě pomeranč, jablko, brambora...), dva plíšky z různých kovů (nejlépe měděný a pozinkovaný), multimetr s přírodními kablíky (jsou v příslušenství multimetru)

Provedení: Dva plíšky z různých kovů zapíchneme do citronu (pomeranče, brambory...) tak, aby byly svými ploškami blízko u sebe, ale aby se nedotýkaly. K plíškám připojíme multimetr zapnutý jako stejnosměrný voltmetr s malým rozsahem (např. 2 V). Multimetr ukáže určité napětí (v případě citronu a plíšků z mědi a pozinkovaného plechu může ukázat téměř 1 volt).

Otázka pro žáky: Co má citronový článek společného s prve vyrobeným článkem ze sklenice slané vody? (Jsou v něm dva plíšky, místo skleničky s vodou je tady citron s citronovou šťávou.)

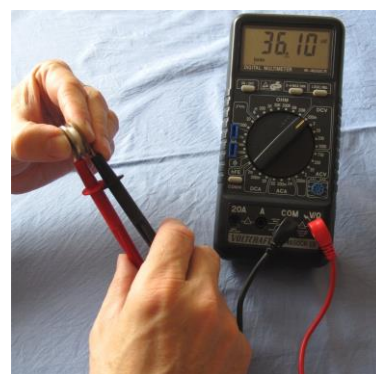
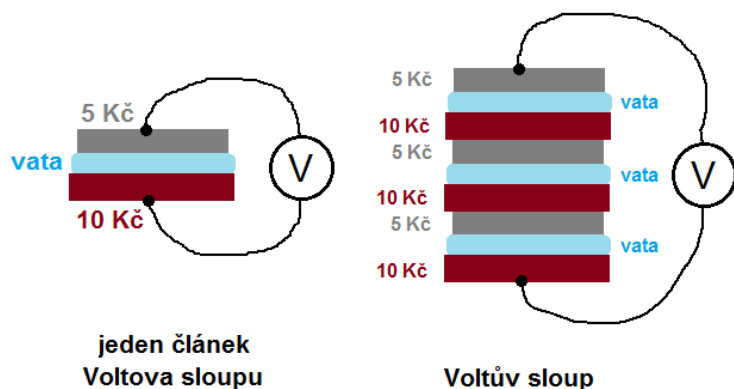
Vysvětlení pokusu: Princip činnosti tohoto článku je stejný, jako u sklenicového článku. Citronová šťáva chemicky reaguje s plíškami a vzniká elektrické napětí.



Metodická poznámka: Zdroj elektrického napětí získáte v podstatě z každého „ovocného“ či „zeleninového“ článku. V některých případech ale naměříte velmi malé elektrické napětí. Nejlepšího výsledku dosáhnete při použití citronu a plíšků z mědi a pozinkovaného plechu. Nepokoušejte se tímto (ani žádným jiným ze zde uváděných článků) rozsvítit žárovku. Článek to nezvládne. O tom, že se jedná o elektrický článek, se přesvědčíte multimetrem.

- **Voltův sloup**

Pomůcky: několik dvojic různých mincí (např. pětikorun a desetikorun), vata (popřípadě papírový kapesník nebo ubrousek), sklenička slané vody, multimetr s přírodními kablíky (jsou v příslušenství multimetru)



Provedení: Do skleničky nalijeme vodu a pořádně ji osolíme. Ve slané vodě namočíme kousek vaty, nebo papírového kapesníku, ubrousku apod. Namočenou vatu vložíme mezi dvě různé mince. K mincím připojíme voltmetr (multimetr přepnutý do režimu stejnosměrného voltmetru s rozsahem 2 V nebo menším). Zjistíme, že jsme vyrobili elektrický článek. Neměříme na něm napětí několik desetin voltů.

Vyrobíme několik takových článků a položíme je na sebe – tak aby se dotýkaly mincemi různých hodnot. Tím získáme tzv. Voltův sloup. Změříme napětí mezi krajními mincemi – mělo by být větší než u jednotlivých článků.

Otázka pro žáky: Srovnajte tento článek s dříve vyrobeným skleničkovým článkem. Mají něco společného? (V obou je slaná voda a dvě elektrody z různých kovů.)

Vysvětlení pokusu: Na rozhraní mincí a slané vody probíhají chemické reakce, které způsobují vznik elektrického napětí mezi mincemi. Jedna dvojice mincí funguje jako základní článek, když dáme několik článků na sebe (tak, aby se dotýkaly mincemi různých hodnot, např. pětikoruna s desetikorunou) vznikne baterie článků, jejichž napětí se sčítají.

Metodické poznámky: Je pravděpodobné, že při spojení dvou a více článků nebudou naměřená napětí součtem napětí naměřených na jednotlivých článcích. Je to způsobeno „nedokonalostí“ použitých článků.

Voltův sloup byl jedním z prvních elektrických zdrojů na světě. Alessandro Volta jej vyrobil okolo roku 1800 z měděných a stříbrných kotoučků proložených plstí navlhčenou slanou nebo okyselenou vodou.



- **Staňte se sami zdrojem napětí**

Pomůcky: dva plechy z různých kovů (např. měděný a pozinkovaný), multimetr s přívodními kablíky (případně demonstrační voltmetr)



Provedení: Ke dvěma plechům, k nimž je připojen voltmetr, přiložíme ruce, nebo je stiskneme v ruku. Voltmetr ukáže napětí. Pokus děláme s multimetrem přepnutým do režimu stejnosměrného voltmetru s rozsahem 2 V nebo menším.

Vysvětlení: V tomto případě jsme my nádobou se slanou vodou. Elektrody do nás nejsou ponořené, ale dotýkáme se jich.

Metodická poznámka: Je možné vyrobit si desky ve tvaru rukou, jako je vidět na fotografii. S touto pomůckou (ale i s jejím jednodušším provedením) můžeme uspořádat soutěž, kdo vyrobí větší elektrické napětí. Když si navlhčíte ruce slanou vodou, nebo octovou vodou, dosáhnete vyššího napětí.

- **Jak vypadá uvnitř plochá baterie?**

Pomůcky: plochá baterie (může být vybitá), kleště, nožík, noviny jako podložka

Provedení: Rozeberte plochou baterii a zjistěte, co je uvnitř. Podívejte se, jak jsou jednotlivé články propojené. Rozeberte pak i jeden ze článků – bude to chtít trochu násilí a počítejte s nepořádkem.

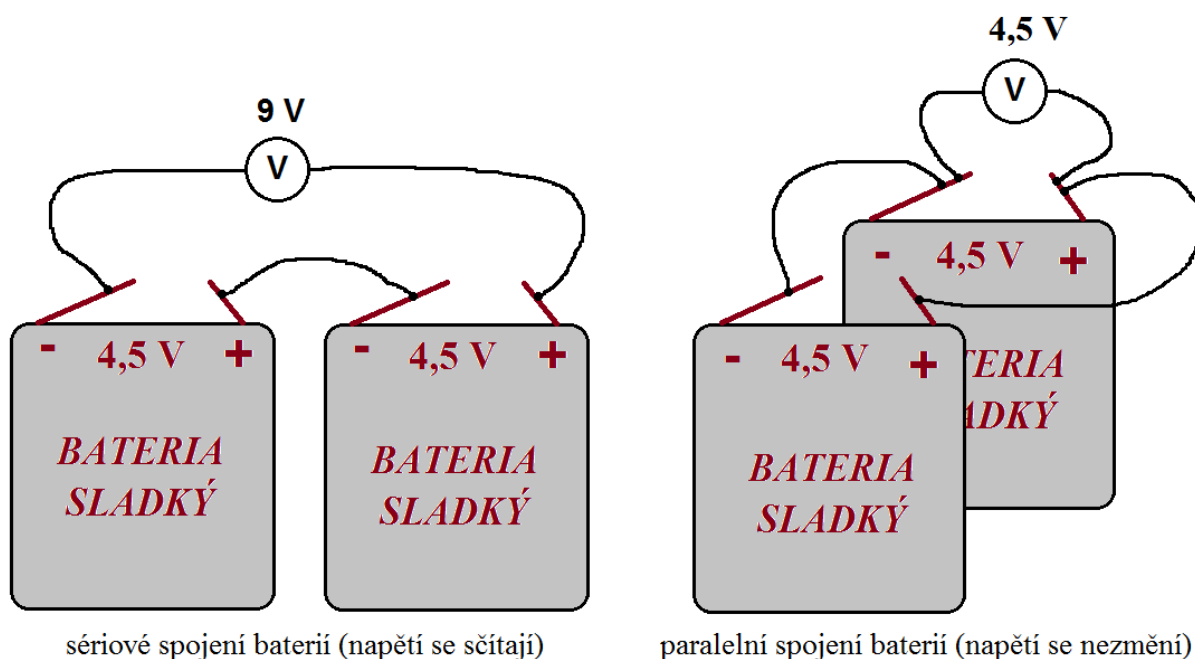


Metodické poznámky: Uvnitř ploché baterie jsou tři články – každý má napětí 1,5 V. Jsou založeny na podobném principu jako naše předchozí experimentální elektrické články. Pozinkované nádobky tvoří jednu elektrodu, uvnitř nádobky je pasta s roztokem elektrolytu a do ní je zasunuta uhlíková tyčka jako druhá elektroda. Články jsou propojeny tak, aby se jejich napětí sčítala.

- **Spojování zdrojů napětí**

Pomůcky: dvě ploché baterie, spojovací vodiče s krokosvorkami, multimetr, nebo žárovíčka (v tomto případě na napětí 12 V – pokud seženete žárovíčku se jmenovitým napětím okolo 9 V, bude to lepší)

Provedení: Vezmeme dvě ploché baterie a multimetr zapojený jako voltmetr s rozsahem větším než 9 V („nejbližším“ rozsahem bude asi 20 V). Baterie zapojíme do série (propojíme plus a minus) a zbylé kontakty připojíme k voltmetru. Naměříme napětí okolo 9 V. Spojíme-li k sobě kladné, nebo záporné póly, naměříme na zbylých kontaktech napětí blízké nule, nebo nulové (záleží na tom, jestli jsou obě baterie stejné, nebo různě vybité a jestli je na každé z nich stejné napětí). Pokud baterie zapojíme paralelně, bude na nich napětí okolo 4,5 V (v tomto zapojení by baterie uměly dodávat do obvodu větší proud, než každá z nich samostatně).



- **Pár slov k bezpečnosti**

Pokusy, které jsme si popsali v tomto textu, jsou zcela bezpečné. Jediný, který bezpečný není, je pokus se žárovkou bez baňky, jak je uvedeno přímo u jeho popisu. Pokud pracujeme s plochými bateriemi, nemusíme se bát sahat na jejich vývody. Nebezpečné hodnoty napětí jsou (za normálních podmínek) 50 V u napětí střídavého a 100 V u stejnosměrného napětí. S takto vysokými napětími u našich pokusů nepřicházíme do styku.

Magnety

- **Póly magnetu**

Pomůcky: různé magnety

Provedení: Rozdejte dětem různé magnety a nechte je, aby si s nimi pohrály. Pak jim dejte klasické tyčové magnety a vyzvěte je, aby zjistily, jak se magnety chovají, když je k sobě přibližují různými stranami.

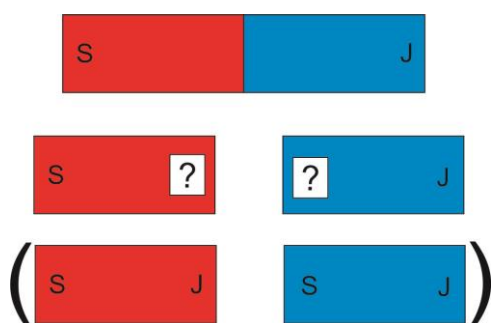
Nechte je pak prozkoumat i magnety jiných tvarů.

Otázky pro žáky: Popište, jak se chovají tyčové magnety, když je k sobě přiblížíte stejně obarvenými konci a různě obarvenými konci.

Zjistěte, zda se odpuzují a přitahují i magnety jiných tvarů a najděte jejich póly.

Vysvětlení pokusu: Každý magnet má dva póly, označují se jako severní a jižní. Dva stejné póly se odpuzují, opačné póly se přitahují.

Metodická poznámka: Dejte dětem nejrůznější magnety – tyčové, nástěnkové, podkovy. Zeptejte se dětí, jak by to bylo s póly tyčového magnetu, který by se zlomil. Nechte je zakreslit chybějící póly do obrázku. Pokud zlomený magnet máte, půjčte ho dětem, ať si ověří, jak je to s jeho póly.



- **Co vše přitahuje magnet?**

Pomůcky: magnet, předměty z různých materiálů i různých druhů kovů (např. z mědi, hliníku, železa)

Provedení: Vyzvěte děti, ať zkouší, které předměty magnet přitahuje a které ne.

Otázky pro žáky: Přitahuje magnet všechny kovové předměty? (Ne.)

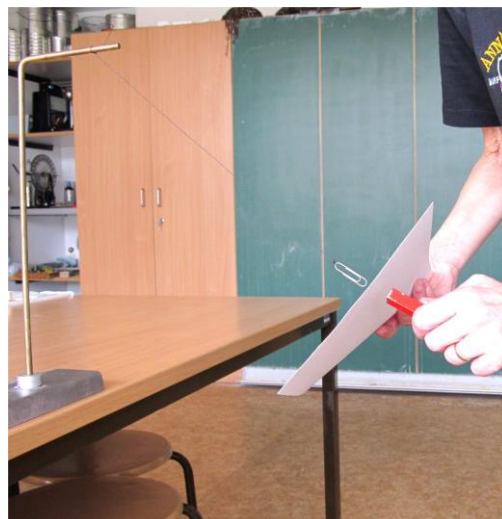
Vysvětlení pokusu: Magnet přitahuje feromagnetické materiály (železo, nikl, kobalt, některé druhy oceli).

Metodická poznámka: Děti si často myslí, že magnet přitahuje všechny kovy. Je dobré jim ukázat, že tomu tak není.

- **Přes co přitahuje magnet?**

Pomůcky: kovová kancelářská svorka, nit, stojánek, magnet, papír, plastové desky, tenké prkénko, kus plechu, kyveta s vodou

Provedení: Kovovou kancelářskou svorku zavěsíme na nit na stojánek. Přiblížíme k ní magnet tak, aby mezi ním a svorkou zůstala mezera (viz obrázek). Magnet můžeme případně též upevnit do stojánku. Do mezery mezi magnet a svorku pak vsouváme např. papír, plastové desky, dřevěnou desku, kus plechu a další materiály.



Úkol pro žáky: Vyzkoušejte, přes jaké nejrůznější materiály přitáhne magnet svorku a přes které ne. Roztřídíte je podle toho do dvou skupin.

Vysvětlení pokusu: Magnet přitahuje svorku přes materiály, které nejsou feromagnetické.

- **Který magnet je silnější?**

Pomůcky: různě silné magnety, kovové kuličky, hřebíčky

Provedení: Na magnet postupně zavěšujeme pod sebe kuličky či hřebíčky. Zjistíme, který magnet jich udrží nejvíce.

Úkol pro žáky: Zjistěte, který z magnetů je silnější. Vymyslete, jak to udělat.

Vysvětlení pokusu: Silnější magnet udrží delší řadu kuliček či hřebíčků.

Metodická poznámka: Děti mohou vymýšlet i další způsoby, jak zjistit, který magnet je silnější. Například vkládat mezi magnet a kuličku vrstvu papíru. Silnější magnet udrží kuličku přes tlustší vrstvu.

Je dobré, když je mezi magnety, které děti zkoumají, dvojice, kde je silnější magnet menší. Mnohdy mají totiž představu, že větší magnet musí být silnější.

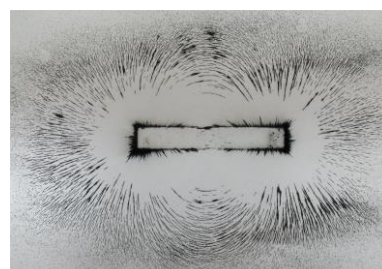


- **Znázornění magnetického pole magnetu pomocí železných pilin**

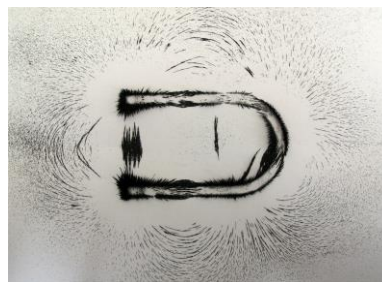
Pomůcky: tyčový magnet, podkovový magnet a případně jiné tvary magnetů, železné piliny, papír

Provedení: Na magnet položíme papír a jemně ho posypeme železnými pilinami.

Úkol pro žáky: Sledujte, jaký vytvoří železné piliny obrazec v okolí tyčového magnetu. Nakreslete si ho do sešitu.



Vysvětlení pokusu: Železné piliny zviditelňují magnetické pole v okolí magnetu (konkrétně tvar magnetických indukčních čar).



Metodická poznámka: Pokud chcete pilinový obrazec uchovat, můžete papír jemně přestříkat bezbarvým lakem. Nechte děti zkoumat pomocí železných pilin i magnetická pole v okolí magnetů jiných tvarů.

• Výroba kompasu

Pomůcky: dva malé placaté neodymové magnety, kus nití NEBO miska s vodou, jehla, kousek korku nebo polystyrénu, magnet

Provedení: Nit scvakneme mezi magnety. Zavěšené magnety se stočí v severojižním směru (mezi magnety můžeme ještě scvaknout malou papírovou šipku, která bude ukazovat severojižní směr). NEBO Zmagnetujeme jehlu tak, že ji několikrát přetáhneme magnetem ve stejném směru. Zmagnetovanou jehlu pak položíme na vodu na korek. Stočí se v severojižním směru.



Otázky pro žáky: Ke kterému zemskému pólu ukazuje střílka kompasu? (K severnímu.) Ke kterému magnetickému pólu ukazuje střílka kompasu? (Severní pól střílky ukazuje k jižnímu magnetickému pólu.) Který zemský magnetický pól je tedy poblíž severního geografického pólu? (Jižní.)

Vysvětlení pokusu: Střílka kompasu ukazuje k jižnímu zemskému magnetickému pólu, který je poblíž severního zemského pólu. Poloha magnetických pólů Země se stále velmi pomalu mění.

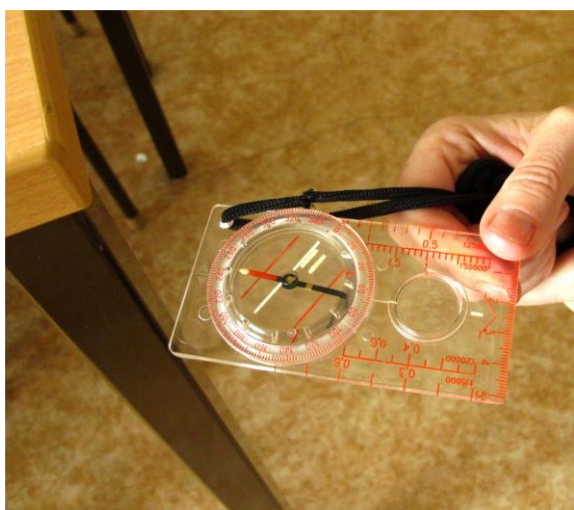
- **Zmatená buzola**

Pomůcky: buzola, kovový dveřní rám, kovová noha stolu či těleso ústředního topení

Provedení: Vezmeme si buzolu a zkusíme s ní jet kolem kovové nohy stolu (či jiného kovového předmětu dlouhodobě stojícího na stejném místě) a sledujeme chování střelky.

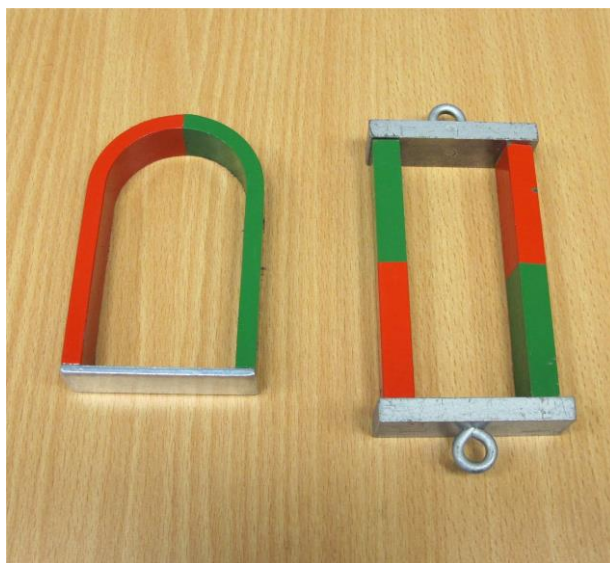
Otázky pro žáky: Pokuste se vysvětlit, proč se buzola chová tak podivně u kovové nohy stolu, který stojí dlouho na stejném místě.

Vysvětlení pokusu: Kovové předměty, které jsou dlouho na stejném místě, se v magnetickém poli Země zmagnetují.



- **Skladování magnetů**

Jak správně skladovat magnety, vidíte na obrázku.



Elektromagnetismus

- **Buzola a vodič s proudem**

Pomůcky: buzola nebo kompas, vodič s krokosvorkami na koncích nebo nějaký jiný vodič, plochá baterie (4,5 V), tvrdý papír, železné piliny (bez papíru a pilin se popřípadě obejdete)

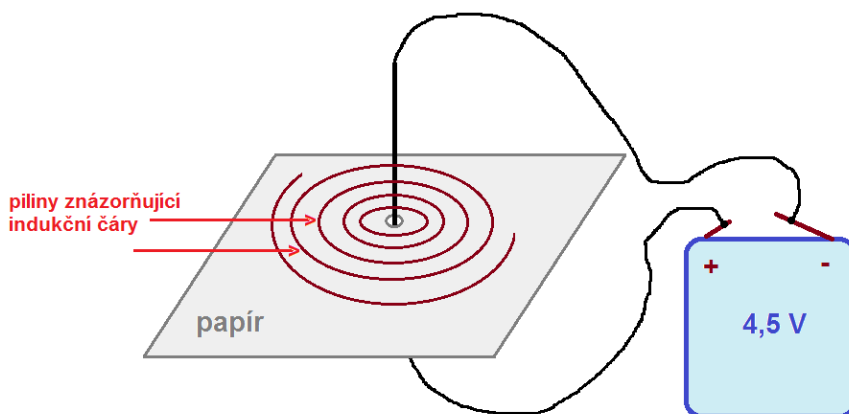
Provedení: Na stůl položíme buzolu nebo kompas (tyto pomůcky by mohly být k zapůjčení v kabinetu fyziky, nebo zeměpisu) a pod buzolu (kompas) položíme vodič tak, aby magnetka neukazovala kolmo k němu. Zapamatujeme si, kam magnetka ukazuje, když vodičem neprochází elektrický proud (obrázek vlevo na přiložené fotografii). K vodiči připojíme plochou baterii a sledujeme, co udělá magnetka – ta se natočí kolmo k vodiči. Zapamatujeme si, kam ukazuje jeden vybraný pól (obrázek uprostřed). Vodič přesuneme nad buzolu a všimneme si, co se změnilo. Vidíme, že magnetka nyní ukazuje na opačnou stranu a opět je kolmo k vodiči (obrázek vpravo).

Pokus můžeme zopakovat třeba ještě i v jiném místě vodiče. Když odpojíme baterii, střílka přestane ukazovat směr kolmý k vodiči (pokud ovšem není náhodou v takové poloze, že směr k severu je zároveň kolmý k vodiči).



Pokud máme k dispozici železné piliny, můžeme se pokusit „zviditelnit“ pomocí nich magnetické pole v okolí vodiče s proudem. Uděláme to takto:

Vezmeme kus tvrdého papíru (např. čtvrtku) a propíchneme v něm díрку, kterou protáhneme vodič. Papír držíme ve vodorovné poloze, vodič prochází dírou kolmo k papíru (stačí, když je kolmý jenom pár centimetrů nad a pod papírem, dále může být libovolně zahnutý). K vodiči připojíme baterii (pokud možno „čerstvou“) a papír posypeme železnými pilinami. Jemně klepeme na papír a sledujeme piliny. Měly by vytvořit kroužky, v jejichž středu je vodič (středem kroužků je díra, kterou vodič prochází).



Otázka pro žáky: Co se asi stalo po připojení vodiče k baterii? (Vodičem začal procházet elektrický proud a začal se chovat, jako by byl magnetem – pootočil magnetkou v buzole.)

Vysvětlení pokusu: Elektrický proud vytváří magnetické pole. V okolí vodiče, kterým prochází elektrický proud, tedy vždy vzniká magnetické pole. Toto pole jsme detekovali pomocí magnetky, nebo železných pilin. Piliny nám ukázaly, že indukční čáry mají tvar kroužků v okolí vodiče. Magnetka v buzole se natočila tak, že ukazovala směr tečny k indukční čáře. Když s ní různě pohybujeme okolo vodiče (dáváme ji nad a pod vodič), můžeme se přesvědčit o tom, že indukční čára má právě tento tvar.

Metodická poznámka: Vodičem, který je připojen k baterii, prochází při tomto pokusu dost velký elektrický proud. Silně se díky tomu zahřívá a baterie se rychle vybíjí. Neprovádějte tedy pokus příliš dlouho – dopřejte baterii (i vodiči) během pokusu vždy po chvíli experimentování trochu odpočinku.

- **Chovají se vodiče s proudem skutečně jako magnety?**

Pomůcky: několik vodičů s krokosvorkami na koncích (mohou to ale být jakékoli jiné vodiče), magnet, plochá baterie

Provedení: Na stůl položíme magnet a do blízkosti některého jeho pólu dáme vodič tak, aby se mohl volně pohybovat. Konce vodiče připojíme ke kontaktům baterie. Pozorujeme, že vodič sebou trochu škubnul. Pokud máme k dispozici magnet ve tvaru podkovy, přidržíme (volně) vodič mezi jeho póly. Vodič připojíme k baterii. Tentokrát by škubnutí mělo být výraznější. Když přepólujeme baterii, vodič sebou škubne na druhou stranu.

Vyzkoušíme také, jestli na sebe silově působí dva vodiče, kterými prochází proud. Vodiče položíme vedle sebe na stůl a ke každému z nich připojíme baterii. Vodiče se buď přitáhnou, nebo se budou odpuzovat – záleží na tom, jakými vzájemnými směry v nich prochází proud. Pokud mají proudy stejný směr, vodiče se přitahují. Jdou-li proudy v opačných směrech, vodiče se odpuzují (vyzkoušejte to).

Vysvětlení pokusu: Vodič, kterým prochází elektrický proud, má kolem sebe magnetické pole. Toto pole působí jako „ručičky“ které si vodič podá s magnetem, jehož ručičkami je zase jeho magnetické pole. Magnet a vodič se svými ručičkami buď odpuzují, nebo přitahují. Podobně je to u dvojice vodičů, kterými prochází elektrický proud. I ty se prostřednictvím svých magnetických polí buď přitahují, nebo odpuzují.

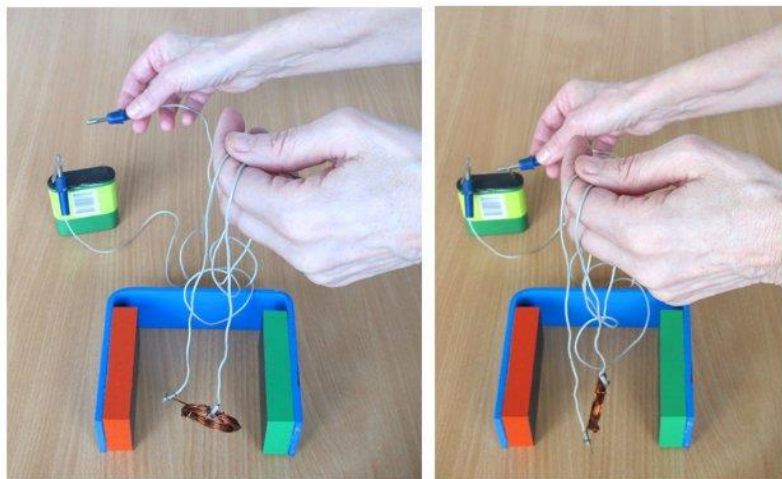
Pravidla, podle kterých poznáme, zda dojde k přitahování, nebo odpuzování vodiče a magnetu, popřípadě dvou vodičů, sice nejsou moc složité, na prvním stupni ZŠ je ale nemá smysl probírat. Děti se s nimi seznámí později ve fyzice.

Metodická poznámka: Ani v tomto případě nenechávejte vodič příliš dlouho připojený k baterii. Dochází k jejímu rychlému vybíjení a navíc se vodič hodně zahřívá (může to být i nebezpečné zahřátí).

- **Stáčení cívky s proudem mezi póly magnetu**

Pomůcky: magnet ve tvaru podkovy, drát smotaný do cívky, plochá baterie

Provedení: Na stůl položíme podkovovitý magnet a mezi jeho póly zavěšíme cívku (za přívodní vodiče – stačí je držet v ruce). K přívodním vodičům cívky připojíme baterii. Cívka se pootočí. Obrátíme-li polaritu zdroje (to znamená, že vyměníme plus a minus u baterie – otočíme ji), cívka se stočí na druhou stranu.



Vysvětlení pokusu: Cívka, kterou prochází elektrický proud, okolo sebe vytvoří magnetické pole. Je to stejné jako u vodičů v předchozích pokusech. Protože ale cívka je vlastně dlouhý kus vodiče smotaný do malého objemu, vytváří silnější magnetické pole (když má cívka více závitů, má i příslušně silnější magnetické pole). Cívka se tedy silově ovlivňuje s magnetem. Výsledkem je, že se cívka stočí tak, aby indukční čáry, které prochází jejím vnitřkem, byly pokud možno rovnoběžné s indukčními čarami mezi póly magnetu.

Metodická poznámka: Tento pokus je vhodné zařadit před výrobu elektromotorku. Stáčení cívky v magnetickém poli je totiž základem funkce elektromotoru. Když se ve vhodném okamžiku otočí směr proudu v cívce, pokračuje její otáčení. Poté, co se cívka otočí o polovinu otáčky, je zapotřebí opět obrátit směr proudu apod. Obracení proudu v cívce se provádí zařízením zvaným komutátor. Nebudeme si vysvětlovat podrobnosti. Vyrobit si ale elektromotorek, který se dokonce obejde bez komutátoru, a tedy i bez změn směru proudu v cívce.

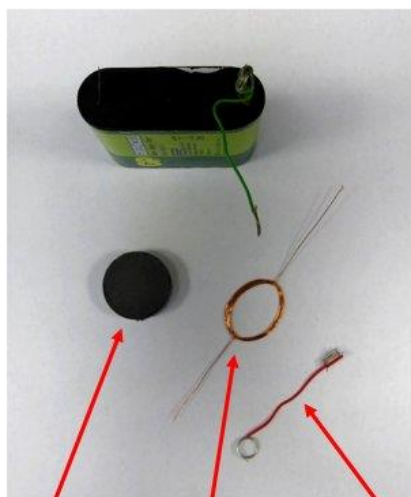
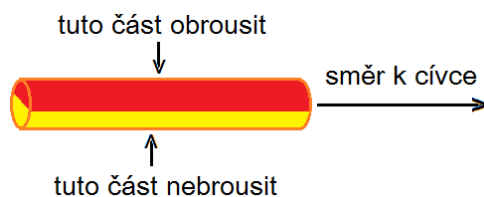
- **Výroba elektromotorku**

Pomůcky: plochá baterie, magnet (tzv. nástěnkový magnet – větší provedení), zvonkový drát, měděný lakovaný drát průměru asi 0,4 mm – prodává se v prodejnách jako je GES electronic apod.), ploché kleště (tzv. kombinačky, nebo lépe ploché kleštičky pro radioamatéry), brusný papír, kousek trubky („kopyto“ pro namotávání cívky), kulatá tužka

Provedení: Ustříhneme si něco více než metr měděného lakovaného drátu (lak slouží jako izolace). Drát namotáme na trubku a vytvoříme tím cívku. Aby se cívka nerozmotala, obtočíme konce drátu kolem závitů. Konce cívky by měly zůstat rovné, několik cm dlouhé (budou sloužit jako osička cívky – viz obrázek). Cívka se nakonec bude v motoru otáčet – říkáme ji proto rotor. **Nyní uděláme velmi důležitou úpravu cívky.** Oba rovné přechínající

Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Elektřina a magnetismus)

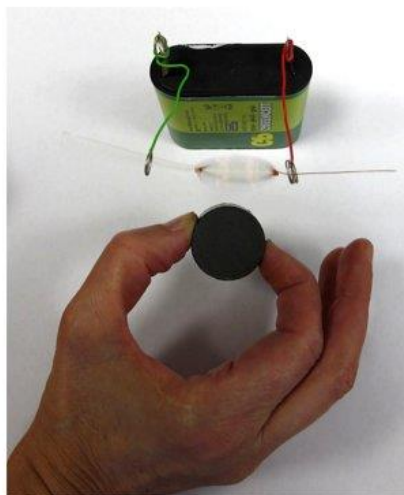
konce drátu zhruba z poloviny (v podélném směru) obrousíme brusným papírem. Konce tím zbavíme izolační vrstvy laku (naznačeno na přiloženém obrázku).



magnet
(stator)

cívka
(rotor)

přívodní vodič
(s „ložiskem“)



Ustříhneme dva kousky zvonkového drátu, asi 10 cm dlouhé, a na koncích je v délce 3-4 cm zbavíme izolace. Jeden odizolovaný konec na každém drátku stočíme okolo tužky do cívečky, která bude sloužit jako závěs (ložisko) rotoru, druhé konce namotáme těsně na kontakty baterie. Do „ložisek“ nasuneme konce rotoru a přidržíme pod ním magnet. Pokud se vše podařilo, cívka (rotor) se roztočí. Pokud motor nefunguje, obrousíme trochu více izolaci z konců cívky a zkusíme to znovu.

Vysvětlení pokusu: Cívkou prochází elektrický proud a v jejím okolí se vytváří magnetické pole. Cívka a magnet pod ní na sebe působí silami, proto se cívka začne otáčet tak, aby se její pole co nejlépe stočilo do shodného směru s magnetickým polem magnetu. (Správně bychom měli hovořit o momentu síly, který cívku začne roztáčet.) Pokud by proud cívku stále procházel, došlo by pouze k jejímu pootočení a k „srovnání orientace“ magnetických polí. Cívka by se sice „setrvačností“ ještě trochu pootočila, ale síla, kterou na ni působí magnet, by ji vrátila zpět. Náš rotor se ale ložisek dotýká nedokonale a navíc jsou konce cívky jen částečně odizolované. Jakmile se rotor dotkne ložiska izolovanou částí (popřípadě když nadskočí) přestane jím procházet proud. Cívka se tedy setrvačností téměř nerušeně otáčí dále. Teprve až se opět dotkne ložisek odizolovanými částmi, začne jí znovu procházet proud. To už je ale její poloha znovu taková, že ji magnetická síla roztáčí. Zhruba po polovině otáčky



se opět cívka ložisek dotýká izolovanou částí a setrvačností překoná půlotáčku, v níž by jí jinak magnetická síla brzdila.

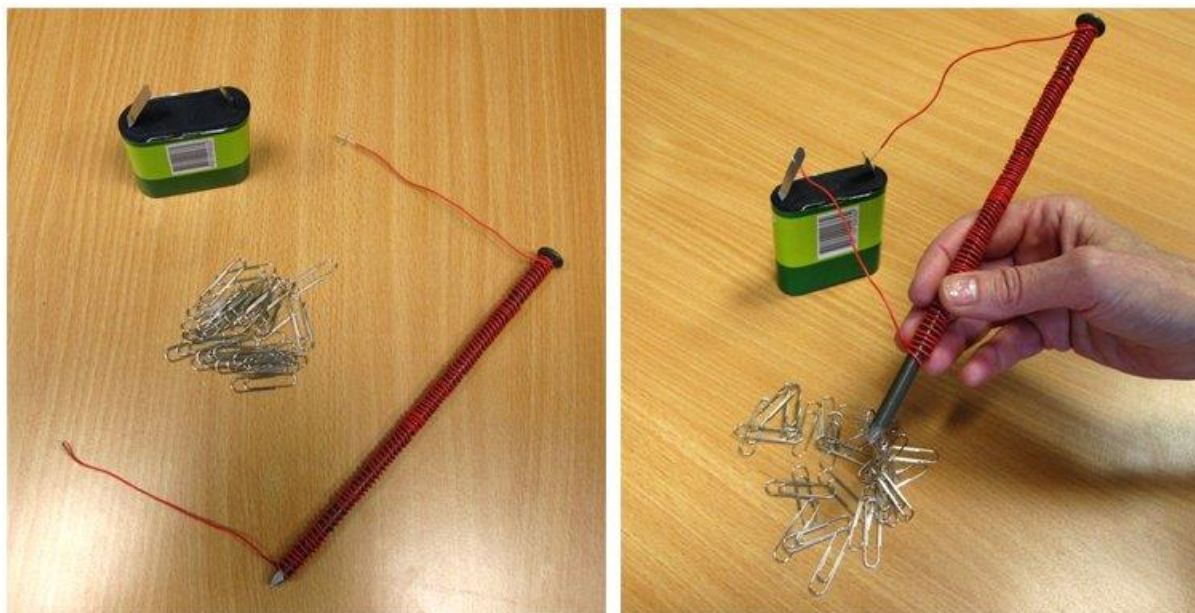
Významnou roli hraje nadskakování cívky. Z tohoto důvodu není úplně „kritické“, jestli je odizolovaná polovina, nebo větší část konce rotoru.

Metodická poznámka: Motorek, který jsme si sestrojili, je sice jednoduchý a od skutečných elektromotorů se ledasčím liší, přesto ale dobře poslouží k tomu, aby děti viděly, co všechno je pro elektromotor důležité. Každý motor má pohyblivou část – rotor (to je u nás cívka). Nepohyblivé části se nazývají stator (v našem případě ho tvoří baterie, drátky a magnet). Aby elektromotor fungoval, musí stator i rotor vytvářet magnetické pole. U skutečného elektromotoru (v tomto případě u stejnosměrného elektromotoru) musí být ještě vyřešeno otáčení směru proudu v rotoru po každé jeho půlotáčce. K tomu se používá dříve zmíněný komutátor. Komutátor jsme v našem případě elegantně obešli.

• Elektromagnet a jeho výroba

Pomůcky: velký hřebík, zvonkový drát, plochá baterie, (ocelové) kancelářské sponky

Provedení: Hřebík omotáme zvonkovým drátem, z jehož konců jsme odstranili izolaci (podobně, jako je to na obrázku). Na stůl vysypeme hromádku kancelářských sponek. Vyzkoušíme, jestli hřebík přitahuje sponky – zjistíme, že ne. Potom připojíme konce drátu k baterii a opět zkusíme přitáhnout hřebíkem sponky. Tentokrát to jde. Odpojíme-li drát od baterie, hřebík přestane fungovat jako magnet. Připojíme-li opět drát (oba jeho konce) k baterii, hřebík se znovu stane magnetem. Vytvřili jsme elektromagnet.



Otázka pro žáky: Mohl by mít elektromagnet nějaké praktické využití? (Například v kovošrotu k třídění odpadu. Máme-li silný elektromagnet na jeřábu, můžeme z hromady odpadu vytáhnout feromagnetické předměty, přenést je na nějaké vhodné místo, vypnout elektromagnet a předměty od elektromagnetu odpadnou.)

Vysvětlení pokusu: Jak už víme z předchozích pokusů, v okolí vodiče, kterým prochází proud, vzniká magnetické pole. Drát smotaný do podoby cívky je k tomuto účelu lepší – uvnitř cívky

vzniká poměrně silné magnetické pole. Hřebík má schopnost magnetické pole ještě dále zesílit a stát se magnetem. Když tedy cívkou prochází elektrický proud, hřebík se zmagnetuje, když proud neprochází, hřebík přestává být magnetem.

Existují materiály, které se po zmagnetování už neodmagnetují – jsou to tzv. magneticky tvrdé materiály (např. některé oceli). Náš hřebík je tzv. magneticky měkký. To znamená, že se při vložení do magnetického pole stane magnetem, ale po vyjmutí z tohoto pole magnetem být přestane.

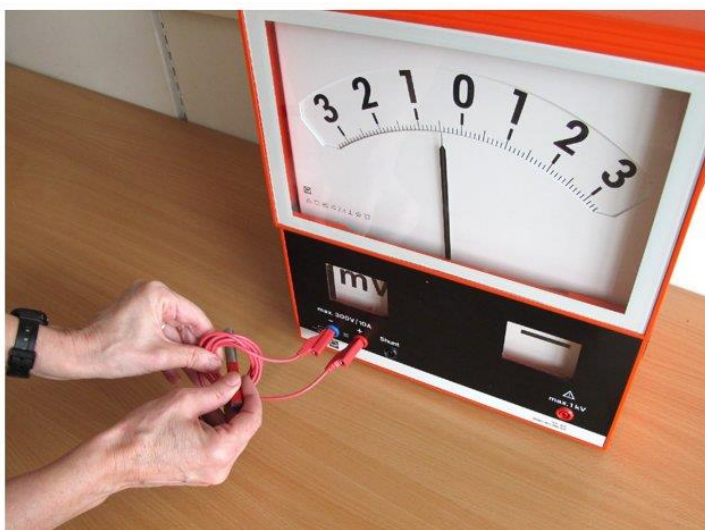
Metodická poznámka: Může se stát, že si vyberete magneticky tvrdý hřebík a váš elektromagnet nepůjde „vypnout“. V tomto případě použijte jiný hřebík.

• Elektromagnetická indukce

Pomůcky: izolovaný vodič, magnet, demonstrační voltmetr (s nulou uprostřed – zeptejte se na něj v kabinetu fyziky a nechte si ukázat, jak se s ním pracuje) nebo multimetr

Provedení: Vodič smotáme do tvaru cívky a připojíme ho k voltmetru. Pokud máme k dispozici demonstrační voltmetr, musí to být voltmetr stejnosměrný. Nastavíme na něm malý rozsah. (Je dobré vyzkoušet předem, jaký rozsah bude vyhovovat – demonstrační voltmetry jsou různé a mají také různé rozsahy.) Pokud použijeme multimetr, zapneme ho jako stejnosměrný voltmetr s rozsahem např. 200 mV (tento rozsah na multimetrech většinou je).

Vezmeme magnet a zasouváme ho do cívky, případně s ním různě pohybuje okolo cívky. Voltmetr ukazuje, že na cívce vzniklo (indukovalo se) elektrické napětí. To se při pohybu magnetu mění. Přestanete-li magnetem vůči cívce pohybovat, indukované napětí na cívce nevzniká.



Otázka pro žáky: Kdy je na cívce největší napětí? (Když magnet strkáme přímo do cívky, nebo ho z ní vysouváme, a pohybuje s ním dostatečně rychle.)

Vysvětlení pokusu: Vysvětlení jevu elektromagnetické indukce není jednoduché a do tohoto textu nepatří. Důležité je, že pokud se v okolí vodiče mění magnetické pole, na vodiči se objeví (indukuje se) elektrické napětí. Indukované napětí se zvětšuje, když se pole mění rychleji (ručičkový voltmetr ale ne vždy stihne zareagovat na rychlý pohyb magnetu – ručička má určitou setrvačnost a nestihne se občas dostatečně vychýlit). Je dobré všimnout si také

Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Elektřina a magnetismus)

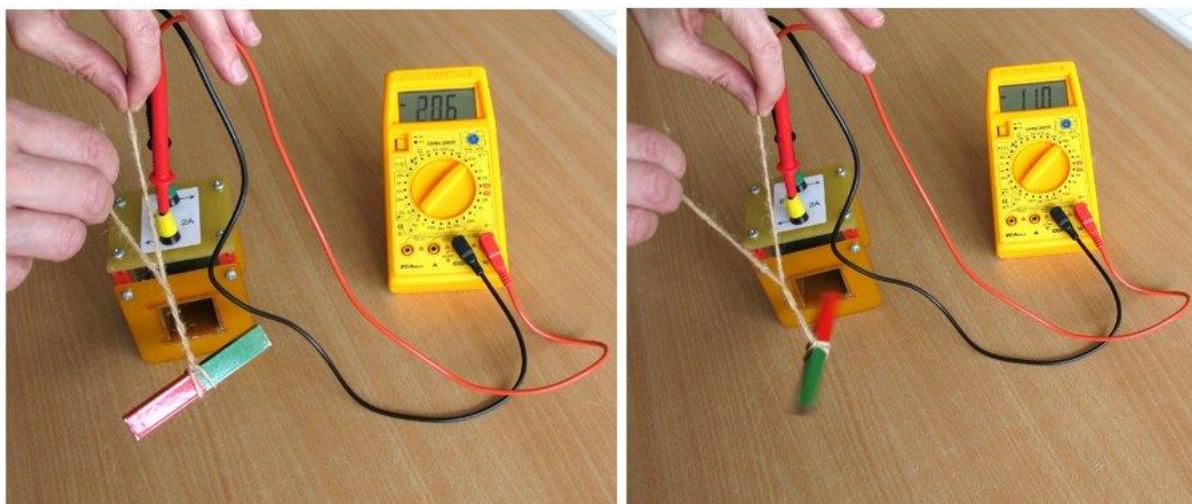
toho, že nejlepších výsledků dosáhneme při zasouvání magnetu do cívky (nebo při jeho vysouvání ven). Pohyb magnetu okolo cívky má za následek menší indukované napětí.

Metodická poznámka: Elektromagnetickou indukci objevil roku 1831 Michael Faraday. Byl to jeden z nejužitečnějších fyzikálních objevů. Na principu elektromagnetické indukce totiž (mimo jiné) vyrábíme elektrický proud v elektrárnách.

- **Jak se vyrábí proud v elektrárně**

Pomůcky: cívka s větším počtem závitů (např. 600 – měli by ji mít ve fyzikálním kabinetu), tyčový magnet přivázaný (poblíž těžiště) na provázku, multimetr, nebo demonstrační voltmetr

Provedení: Cívku položíme na stůl a připojíme k ní (stejnosměrný) voltmetr, nebo multimetr přepnutý do režimu stejnosměrného voltmetru. Použijeme malý rozsah – u multimetru např. 200 mV. Magnet na provázku roztočíme těsně u cívky (podobně jako na obrázku). Pozorujeme, že na cívce se objevilo elektrické napětí.



Vysvětlení pokusu: Otáčení magnetu způsobuje změny magnetického pole, v němž je umístěna cívka. Dochází k elektromagnetické indukci.

Metodická poznámka: Tento pokus naznačuje, jak funguje elektrický generátor v elektrárně. Využívá se v něm jevu elektromagnetické indukce. Bylo by ale nepraktické snažit se v elektrárně zasouvat magnet do cívky, jako v našem předchozím pokusu. Efektivnější je roztočit magnet (bývá to elektromagnet) a šikovně vedle něj rozestavět cívky. Cívky jsou ve skutečnosti okolo rotoru velmi důmyslně a složitě navinuty.