

Materiál byl vytvořen v rámci projektu
Nové výzvy, nové příležitosti, nová škola

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

●●●● ELEKTŘINA A MAGNETISMUS



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

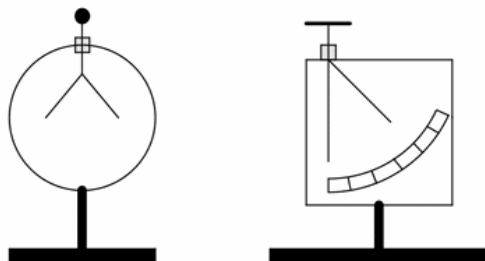
Význam elektřiny a magnetismu není potřeba zdůrazňovat, protože v moderním světě se s jejich projevy setkáváme každodenně. Elektrický proud nám přináší světlo a teplo a také většina běžných spotřebičů funguje na principu elektrických, případně elektromagnetických jevů. V následující kapitole se pokusíme některé z těchto jevů vysvětlit.

Elektrický náboj a jeho vznik

Historie pozorování elektrických jevů spadá až do starověku, kde také vznikl jejich současný název. Při předení lnu byl v těchto dobách používán jantar. V průběhu předení byl jantar schopen přitahovat drobná tělíska a naopak vlákna lnu se od sebe vzdalovala. Tato skutečnost byla přisuzována "duši" jantaru probuzené třením. V 16. století byly tyto pokusy zopakovány a zjistilo se, že podobného výsledku lze docílit i třením jiných látek. Podle řeckého názvu jantaru (elektron) se zmíněné jevy začaly nazývat elektrické. Při řadě pokusů, které byly v této době provedeny, se ukázalo, že existuje elektřina dvojího druhu, přičemž stejné druhy se odpuzují a opačné přitahují. Benjamin Franklin roku 1750 nazval tyto dva druhy kladnou a zápornou elektřinou. Elektřinu, která vzniká třením tyče z olovnatého skla amalgamovanou kůží nebo hedvábím, nazval kladnou. Elektřinu, která vzniká třením tyče z ebonitu (tvrdého kaučuku) srstí, nazval zápornou. Schopnost nabít se třením mají materiály s rozdílnou permitivitou. Jde o charakteristiku látky, kterou můžeme vyhledat v tabulkách. Přitom platí, že při tření se látka s vyšší permitivitou nabíjí kladně a látka s nižší permitivitou záporně. Na následující stupnici můžeme najít vybrané látky seřazené podle klesající permitivity.

vlasý	kožešina	sklo	peří	bavlna	hedvábí	kůže	dřevo	papír	pečetní vosk	tvrdá guma	umělé hmoty
+----- -----> -											

Elektrické jevy jsou tím výraznější, čím větší je rozdíl permitivit obou materiálů. Říkáme, že na povrchu dvou těles vzniká **elektrický náboj**, pomocí kterého vyjadřujeme míru nabití tělesa. Značka elektrického náboje je Q a jeho jednotkou je coulomb C. Kromě velikosti v coulombech má elektrický náboj také znaménko podle výše uvedené dohody. K určení existence elektrického náboje nám slouží elektroskopy. Jde o zařízení opatřené pohyblivými proužky (případně jedním proužkem), které se při nabití stejným nábojem rozestupují. Je-li elektroskop opatřen stupnicí, nazýváme je elektrometrem.



Vysvětlení elektrických jevů souvisí se stavbou atomu, který je základní stavební jednotkou všech látek. Jak již víme z úvodní kapitoly, je atom složen ze tří druhů částic. Zatímco neutrony jsou elektricky neutrální, elektrony a protony jsou nositeli elektrického náboje. Protony jsou pevně vázány v jádře a je velmi obtížné je z atomu odstranit. Naproti tomu elektrony jsou v obalu vázány relativně malou silou a třením mohou být z atomu odstraněny. Přitom jich na jednom tělese vzniká

přebytek, zatímco na druhém je jich nedostatek. Můžeme proto říci, že příčinou vzniku elektrického náboje třením je přenos elektronů z jednoho tělesa na druhé. Podle terminologie zavedené Franklinem elektronům přisuzujeme záporný náboj. Jeho velikost je stejná jako velikost náboje protonu. Značíme ji $e = 1,609 \cdot 10^{-19} C$ a nazýváme ji elementární náboj.

Každé těleso má jinou schopnost přijímat elektrický náboj. Tato schopnost závisí například na jeho velikosti, tvaru a také na materiálu, ze kterého je vyrobeno. Zařízení schopná pojmout velké množství elektrického náboje se nazývají kondenzátory. Prvním známým kondenzátorem byla tzv. leydenská láhev. V současnosti známe kondenzátory deskové, válcové, svítkové, keramické apod. Známým využitím kondenzátoru je například blesk fotoaparátu, který získaný náboj přeměňuje na intenzivní světelný impuls.

Elektrický náboj vzniklý na jednom tělese je možné přemístit na těleso jiné. Lze to realizovat jejich přímým dotykem, ale je možné provést i přenos na velkou vzdálenost, použijeme - li k přenosu vhodný materiál. Z tohoto pohledu dělíme látky na

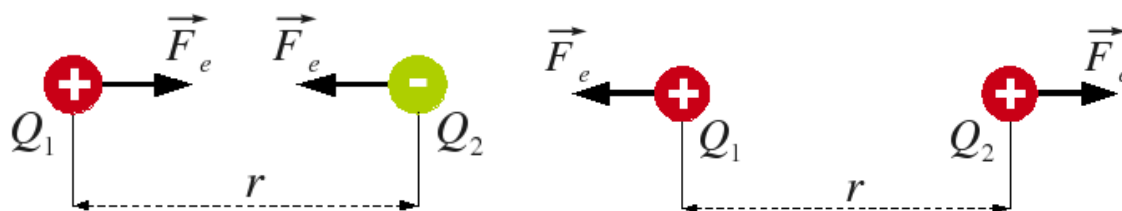
- a) **elektrické vodiče** - přemísťují elektrický náboj dobře
- b) **elektrické izolanty (dielektrika)** - přemísťují elektrický náboj špatně.

Pro elektrické vodiče je charakteristické, že obsahují nabitě částice (elektrony nebo ionty), které se mohou v dané látce pohybovat. Mezi dobré elektrické vodiče patří například kovy a voda a také lidské tělo je elektricky vodivé. Naopak mezi elektrické izolanty můžeme zařadit sklo, plasty, papír, vzduch, dřevo, gumu apod.

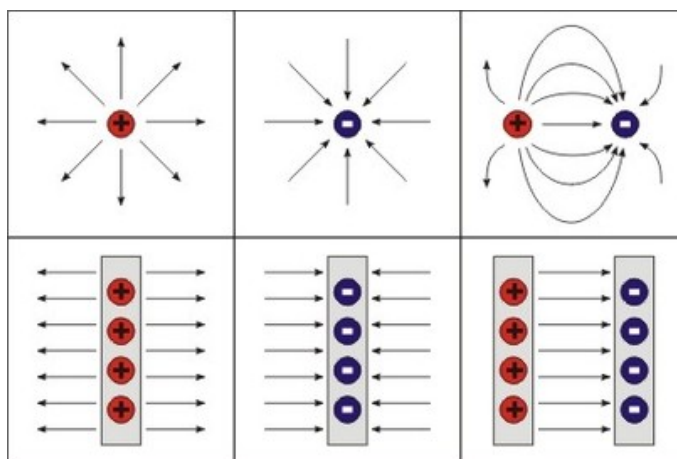
Elektrické pole

Z předchozího výkladu i z vlastní zkušenosti víme, že přitažlivé i odpudivé elektrické síly působí, i když nabitá tělesa nejsou v přímém kontaktu. Přesně popsal silové působení mezi dvěma náboji Coulomb v **Coulombově zákonu**:

Dvě nabitá tělesa na sebe vzájemně působí stejně velkou elektrickou silou opačného směru. Velikost této síly je přímo úměrná součinu nábojů a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti. Souhlasné náboje se přitom odpuzují a nesouhlasné přitahují.



Protože elektrická síla má jistý dosah, říkáme, že v okolí nabitého tělesa existuje elektrické pole. Popisujeme je pomocí tzv. intenzity elektrického pole, která odpovídá síle, která by v daném místě působila na náboj velikosti 1 C. Intenzita má také směr, a to směr, kterým by se v poli pohyboval v daném místě kladný náboj. Pro lepší představu často popisujeme elektrické pole pomocí elektrických siločár, které určují směr pohybu kladného elektrického náboje a které kreslíme hustěji s rostoucí intenzitou pole. Na následujícím obrázku si můžeme prohlédnout tvar siločár v okolí bodového náboje, dvojice nábojů - tzv. dipólu, v okolí nabitě desky a dvojice nabitých desek.

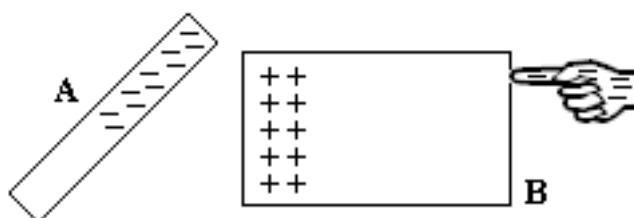


Ke znázornění siločár různých elektrických polí je také možné použít tuto [animaci](#). Chování náboje v elektrickém poli vytvořeném podle vlastní představy si pak můžete vyzkoušet [zde](#).

Dále se budeme studovat chování vodiče a izolantu, které vložíme do elektrického pole. Vodič v elektrickém poli: Připomeňme si, že vodiče obsahují volné nosiče náboje – například kovy obsahují volné elektrony, které se ve vodiči mohou pohybovat. Představme si tedy například kovový vodič **B**, k němuž z jedné strany přiblížíme záporně nabitou tyč **A**.



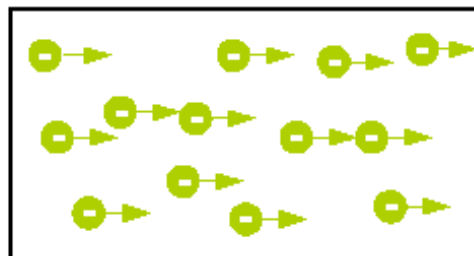
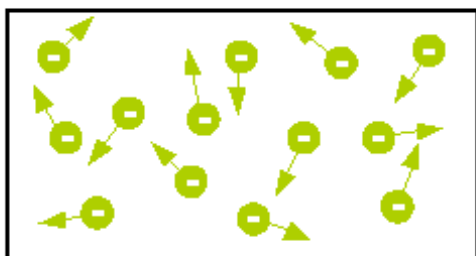
Před přiblížením tyče jsou volné elektrony ve vodiči rozmístěny rovnoměrně. Po jejím přiblížení jsou záporně nabitě elektrony odpuzovány a na straně blíže k tyči vzniká kladný náboj. Tento jev se nazývá **elektrostatická indukce** a takto vzniklý náboj indukovaný náboj. Takovéto rozložení je pouze přechodné a po oddálení tyče se elektrony opět rozloží rovnoměrně. Pokud bychom chtěli docílit trvalého nabití vodiče kladným nábojem, mohli bychom záporné elektrony v pravé části odvést do země například dotykem ruky, jak je znázorněno na spodním obrázku.



Izolant v elektrickém poli: Izolanty neboli dielektrika neobsahují volné nosiče náboje. Elektrony v jejich atomech jsou vázány pevně a z atomu se oddělit nemohou. Přiblížením nabitě tyče k dielektriku sice dojde k posunu elektronů, ale pouze v rámci atomu.

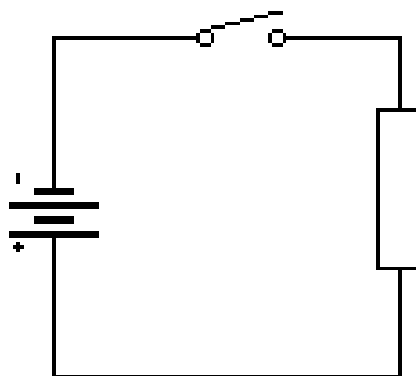
Vedení elektrického proudu v kovech

Vedení elektrického proudu v kovech umožňuje přítomnost volných elektronů - tedy elektronů, které jsou vázány k jádru pouze slabě a mohou se v kovu pohybovat. Pokud není kovový vodič připojen ke zdroji napětí, pohybují se volné elektrony neuspořádaným pohybem. Po připojení ke zdroji se začnou záporné elektrony pohybovat usměrněným pohybem ke kladnému pólu zdroje a ve vodiči vzniká elektrický proud, jak je znázorněno na spodním obrázku..





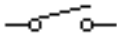



Při pohybu usměrněným pohybem elektronů vodičem dochází k jejich srážkám s nepohybujícími se atomy krystalické mřížky kovu, jak lze vidět na následující [animaci](#). Tím se jejich pohyb brzdí. Říkáme, že vodič klade elektrickému proudu odpor nebo-li rezistenci R . Jednotkou odporu je ohm Ω . Odpor vodiče je přímo úměrný jeho délce, nepřímo úměrný jeho průřezu a závisí také na materiálu, ze kterého je vodič vyroben. U spojovacích vodičů v elektrických rozvodech se snažíme, aby odpor byl co nejmenší. Nejvhodnějšími materiály jsou z tohoto pohledu stříbro nebo finančně přístupnější měď. U některých elektrospotřebičů naopak požadujeme odpor velký. Při průchodu elektrického proudu se pak vodič zahřívá (rychlovarná konvice, elektrický sporák) a v případě velkého zahřátí i rozsvítí (žárovka).

Jednotlivá elektrická zařízení spojujeme do tzv. elektrického obvodu. Jednoduchou formu elektrického obvodu naleznete na spodním schématu.



Jednotlivé součástky mají své značky. Mezi základní z nich patří:

	vodič
	uzemnění
	ampérmetr pro měření proudu
	voltmetr pro měření napětí
	spínač
	zdroj napětí

Po sepnutí spínače prochází obvodem elektrický proud, který můžeme měřit ampérmetrem. Celá situace je znázorněna [zde](#).

Vztah, který platí v libovolné vnější části obvodu mezi napětím, proudem a odporem vodiče, formuloval již v roce 1826 Georg Simon Ohm a na jeho počest ji nazýváme **Ohmův zákon**:

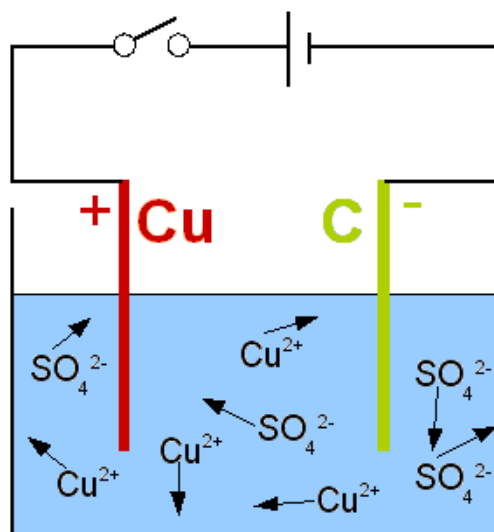
Proud I , který prochází vodičem se stálým odporem R je přímo úměrný napětí U mezi konci vodiče.

Matematicky můžeme psát $I = \frac{U}{R}$.

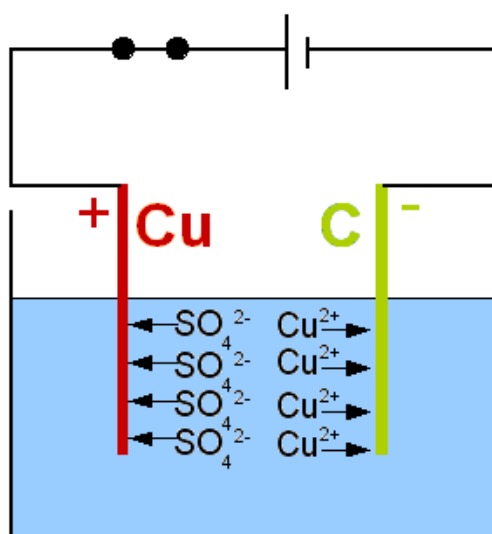
Z uvedeného vztahu zároveň plyne, že proud je nepřímo úměrný odporu vodiče. Při stejném napětí tedy prochází vodičem tím větší proud, čím menší je odpor vodiče. Tato skutečnost platí také v místě, kde dochází k rozvětvení vodiče. Větší proud pak protéká tou částí, která má menší odpor. To mimo jiné vysvětluje, proč mohou ptáci usedat na dráty elektrického vedení. V místě, kde pták dosedá nohou, dojde k rozvětvení vodiče. Protože tělo ptáka má oproti drátu vedení obrovský odpor, prochází jím zanedbatelný proud, který odpovídá jeho velkému odporu a malému napětí mezi dvěma blízkými místy na drátě. Pokud by se ale dotkl drátu člověk stojící na zemi, prošel by jím přes jeho velký odpor proud odpovídající napětí mezi drátem a zemí, které je velmi vysoké.

Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech

Zdroj napětí připojujeme ke kapalině přes dva vodiče, které se nazývají elektrody. Elektroda s kladným nábojem je anoda a elektroda se záporným nábojem katoda. Vedení elektrického proudu v kapalinách umožňuje přítomnost iontů. Destilovaná voda sice vede elektrický proud, ale její odpor je velký. Pokusem bychom ale zjistili, že vedení elektrického proudu vodou se značně zlepší, pokud v ní rozpustíme trochu soli NaCl. Po rozpuštění se totiž molekula soli rozkládá a ionty Na^+ a Cl^- . Tím získáme vodivý roztok, tzv. **elektrolyt**. Kladné ionty sodíku směřují ke katodě, kde přijmou chybějící elektron a poté vytvoří molekulu NaOH. Záporné chlorové ionty naopak směřují k anodě, kde odevzdají přebytečný elektron a vytvoří plynné molekuly Cl_2 , které ve formě bublin unikají z roztoku a elektrolyt se postupně rozkládá. Vedení proudu vodivým roztokem se nazývá **elektrolýza**. Průběh a především význam elektrolýzy si můžeme ukázat na následujícím příkladu: Použijme jako elektrolyt roztok skalice modré CuSO_4 . Ta po rozpuštění ve vodě vytvoří kladné ionty Cu^{2+} a záporné ionty SO_4^{2-} . Do roztoku vložíme kladnou měděnou a zápornou uhlíkovou elektrodu. Pokud není elektrický obvod uzavřen, pohybují se oba druhy iontů neuspořádaným pohybem.



Po uzavření elektrického obvodu se budou kladné ionty pohybovat k uhlíkové katodě, kde přijmou dva elektrony a vytvoří neutrální molekulu mědi, která se na katodě bude usazovat v tenké vrstvě. Naopak záporné síranové ionty směřují k měděné anodě, kde odevzdají dva přebytečné elektrony do obvodu. Poté se sloučí s mědí na elektrodě a nově vzniklá molekula $CuSO_4$ se opět rozpadá na ionty.



Elektrolytu tak na rozdíl od předchozího případu se soli neubývá a celým obvodem pak prochází proud až do rozpuštění měděné elektrody. Její hmota se přenese v souvislé vrstvě na elektrodu uhlíkovou. Z předchozího pokusu je zřejmé využití elektrolýzy v praxi. Jde především o:

- Získávání čistých kovů z rud. V rudě jsou kovy vázány ve formě sloučenin podobně jako u výše zmíněné skalice modré. Elektrolýza jejich roztoku nebo taveniny umožňuje jejich usazování na elektrodě. Typickým příkladem je výroba hliníku z rudy zvané bauxit.
- Čištění kovů, které funguje na obdobném principu oddělení od nežádoucích příměsí.
- Galvanické pokovování u kterého můžeme na povrchu materiálu (například z nepříliš odolné oceli) vytvořit tenkou ochrannou vrstvu z odolnějšího kovu (zinek, chrom,...)
- Polarografie. Je založena na tom, že průběh elektrického proudu závisí na chemickém složení roztoku. Při sestavení pokusných charakteristik různých látek můžeme srovnáním určit složení neznámého roztoku. Za objevení polarografie získal v roce 1959 Nobelovu cenu jako první český Jaroslav Heyrovský.
- Olovený akumulátor. Je zařízení, které slouží jako zdroj elektrického napětí například

v automobilu. Jako zdroj funguje až po nabití - tedy po elektrolýze. Díky ní se na jeho elektrodách usazují látky různých druhů, které jsou odděleny kyselým kapalným prostředím a plní funkci zdroje podle principu popsaného výše.

Plyny jsou za normálních podmínek tvořeny neutrálními molekulami a jsou tak prakticky nevodivé. K tomu, aby vedly elektrický proud je potřeba, aby v nich vznikl dostatek iontů tzn., že plyn musí být **ionizován**. K ionizaci plynu může dojít například vlivem vysoké teploty nebo působením záření. Vznikne - li v plynu dostatek iontů, může plynem procházet proud, který nazýváme elektrickým výbojem. Možnost, jak znásobit množství iontů v plynu je tzv. ionizace nárazem. Je - li i poměrně malé množství iontů v plynu vystaveno působení elektrického pole, ionty jeho působením zrychlují, narážejí do okolních neutrálních molekul a vyražejí z nich další elektrony. Plyn tak přechází do stavu zvaného plazma a umožňuje průběh elektrického výboje. Chceme - li, aby byl výboj trvalý, je potřeba, aby dané elektrické pole mělo velkou intenzitu nebo působilo dlouhodobě. Podle podmínek, za kterých elektrické výboje v plynu probíhají dělíme výboje na:

a) Doutnavý - setkáváme se s ním například u vysokotlakých výbojek veřejného osvětlení nebo u zářivek.

b) Obloukový - je významný zejména z historického hlediska, kdy po dlouhou dobu umožňoval veřejné osvětlení měst. Na jeho zdokonalení se podílel i český vynálezce František Křižík.

c) Jiskrový - vzniká v atmosféře na krátkou vzdálenost a projevuje se jako jiskra. Nachází využití například u zážehového motoru. Zvláštním případem jiskrového výboje je blesk. Je to silný jiskrový výboj mezi dvěma bouřkovými mraky nebo mezi bouřkovým mrakem a zemí. V důsledku dopadu kosmického záření je horní část atmosféry zvaná ionosféra nabitá kladně a zemský povrch záporně. Nosičem náboje

v mraku jsou pak drobné kapičky vody. Zásah bleskem může způsobit velké materiální škody a oběti na životech. Proti zásahu bleskem je proto potřeba se chránit. Základní ochranou budov je bleskosvod. Na jeho sestavení pracovali přibližně ve stejné době Benjamin Franklin a Prokop Diviš. Princip spočívá v tom, že náboj není na nepravidelném povrchu tělesa rozmístěn rovnoměrně, ale koncentruje se na hranách a hrotech. Prostřednictvím dlouhých hrotů může být proto náboj odsáván z bouřkových mraků. svérázný důkaz předvedl Prokop Diviš, když byl pozván jako spolupracovník na demonstračních elektrických pokusech kolegy Josepha Franze u císařského dvora. Diviš si ukryl v přední části paruky několik dlouhých kovových hrotů. Předstíraje zájem o daný pokus se pak naklonil k zařízení, čímž náboj odsál, a pokus poněkud škodolibě překazil. Ochranný efekt je ještě umocněn u budov s ocelovou krostou, které vytvoří tzv. Faradayovu klec. Elektrický náboj u ní podle výše uvedeného zůstává na povrchu a vnitřek je před elektrickým polem ochráněn. Připomeňme si hlavní zásady ochrany před bleskem:

Obydlí s dobrým hromosvodem.

Nedotýkejte se při bouřce vodivých předmětů - vodovod, topení, elektrické spotřebiče (televizory), vodiče, hromosvod,

Nezdržujte se ve volném prostoru na nechráněných místech - terénních výšinách.

Nebezpečná je chůze a jízda na kole a motocyklu, ve volné krajině i ve městě.

Neschovávejte se pod strom - pokud to nejde jinak, tak radši dále od stromu.

Ve volném terénu je lepší zalehnout k zemi do prohlubně a počkat až bouřka odezní.

Pokud jste v lese, zůstaňte raději uvnitř hustého lesa než na jeho kraji, kde udeří častěji!

U stromu se držte co nejdále od kmene, s nohama těsně u sebe (krokové napětí).

Pokud jsme u zdí budov nedotýkáme se svodu bleskosvodu, okapu anebo jiných kovových částí.

Nekoupejte se a nechtejte ryby za bouřky.

Pokud jste ve skalách, včas sejděte z vrcholku, odnese všechny kovové předměty co nejdál od sebe a pokud to jde, schovejte se ve skalní dutině či jeskyni až úplně vzadu. Povrchy skal a vchody do skalních dutin mají pro blesk velkou vodivost.

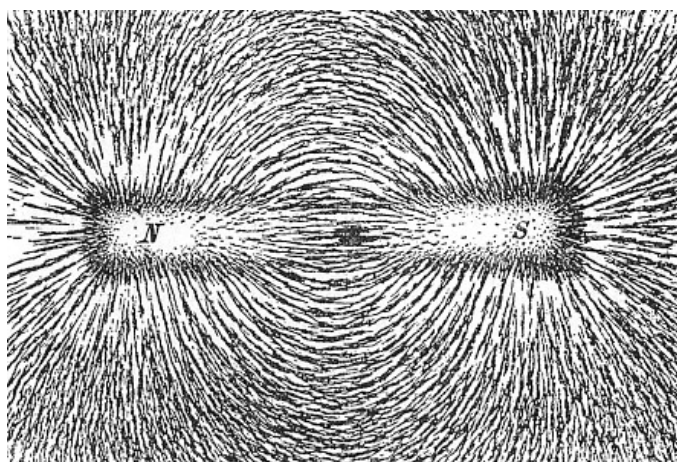
Stojící mokrý automobil tvoří relativně bezpečný kryt, pokud jsou okénka a dveře zavřené

(Faradayova klec) .

Minimální bezpečná vzdálenost bouře pro pochod terénem je 10 km. Určíme to výpočtem: od zablesknutí musí přijít zvuk po 30 s.

Magnetismus

Už od starověku byly známy magnetické vlastnosti látek. Stejně tak bylo známo, že tyto vlastnosti nejsou typické pro všechny látky a vyskytují se spíše výjimečně (magnetovec, nikl, kobalt, železo). Kromě toho existují látky, které se jako magnetické neprojevují, ale dají se zmagnetovat. Tyto látky nazýváme feromagnetické. Jednoduše lze říci, že magnetické vlastnosti látky souvisí s jejím vnitřním uspořádáním. Magnet může jiný magnet přitahovat nebo odpuzovat. Podle toho rozlišujeme dva póly magnetu, které nazýváme severní a jižní pól. Toto názvosloví respektuje historické hledisko, kdy byl magnet ve formě magnetky na kompasu používán k navigaci. Na magnetu pak bývá severní pól označen červeně. V okolí magnetu vzniká magnetické pole, které znázorňujeme magnetickými indukčními čarami, které v každém bodě kopírují osu magnetky, kterou bychom do tohoto bodu umístili a vně magnetu směřují od severního pólu k jižnímu. Magnetické indukční čáry si můžeme prohlédnout na kovových pilinách umístěných kolem magnetu.



Zdroj: Wikipedie

V roce 1820 si dánský fyzik Hans Christian Oersted povšiml, že magnetka se vychyluje i v okolí vodiče s proudem, což znamená, že vodič s proudem ve svém okolí vytváří magnetické pole. Navineme-li vodič do cívky, získáme magnetické pole podobných vlastností jako u běžného magnetu (se dvěma póly). V současnosti je magnetismu využíváno v mnoha oblastech lidských činností. Budeme jmenovat pouze hlavní využití:

Kompas: Využívá skutečnosti, že Země je velkým magnetem. Je opatřen pohyblivou magnetkou, která je schopna určovat světové strany. Pozn.: Severní zeměpisný pól přitom odpovídá jižnímu magnetickému pólu.

Elektromagnet: Je magnet, jehož magnetické vlastnosti lze měnit. Je tvořen cívkou s jádrem z feromagnetické látky. Průchodem proudem cívkou se jádro zmagnetuje a začnou se projevovat jeho magnetické vlastnosti. Může také fungovat jako relé ke spouštění elektrických obvodů.

Televizor: Skutečnosti, že v okolí vodiče (tedy pohybujících se elektronů) vzniká magnetické pole využíváme v televizoru k vychýlení elektronového svazku systémem cívek. Elektrony tak rozsvěčují buňky obrazovky a vytvářejí obraz.

Generátor střídavého proudu: Funguje na podobném principu, ale pohyblivou složkou je magnet. Ten se otáčí v okolí vodiče a uvádí tak do pohybu elektrony.

Pokud jste dané učivo pochopili, měli byste umět odpovědět na následující otázky.

Vysvětlete, proč vzniká na vhodných tělesech třením elektrický náboj a uveďte, podle čeho poznáme, že daná tělesa jsou k vytváření náboje třením vhodná.

Formulujte Coulombův zákon.

Popište chování vodiče a dielektrika v elektrickém poli.

Popište elektrický proud jako jev a uveďte jeho značku a jednotku jako fyzikální veličiny.

Formulujte Ohmův zákon pro část obvodu.

Popište průběh elektrolýzy a její využití.

Uveďte základní pravidla ochrany před bleskem.

Popište využití magnetických vlastností látek v praxi.

Hodně úspěchů při studiu.

