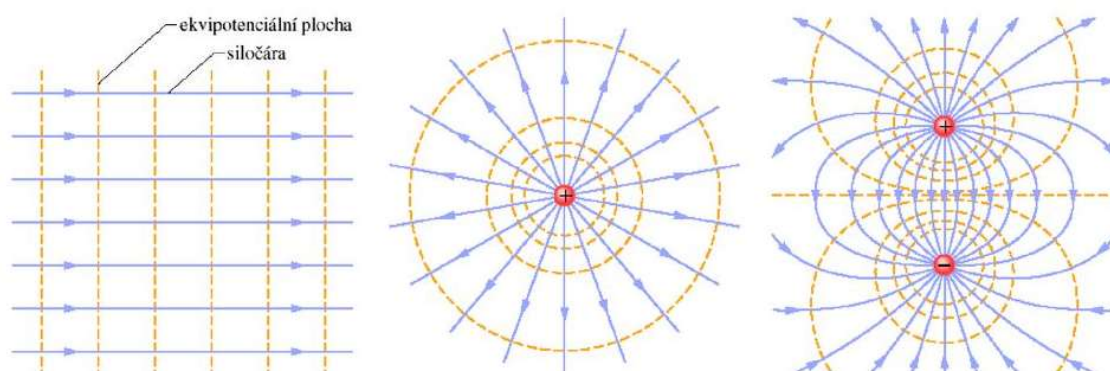


Napětí a proud

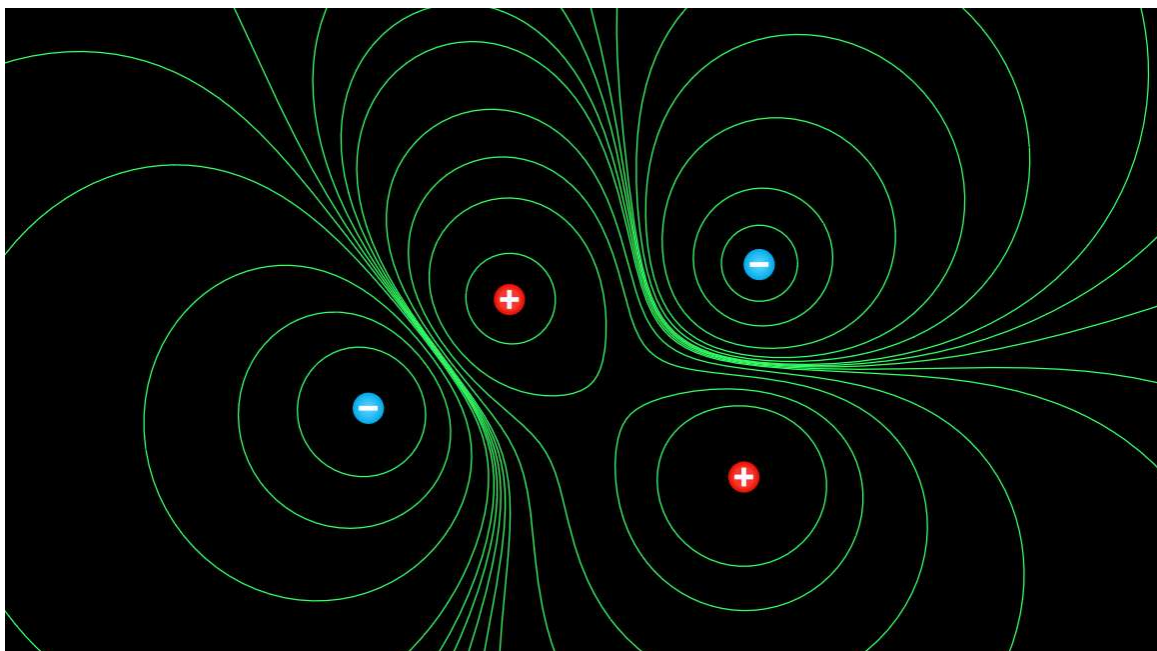
Zatím jsme se bavili o nabitých částicích, ale i o nabitých makroskopických tělesech.

Uvažujme nyní pouze bodové náboje (náboj je umístěný „v jednom bodě“). Elektrické pole každého z nábojů interaguje (skládá se) s poli všech ostatních nábojů. Abychom mohli popsat toto celkové elektrické pole, zavádíme veličinu **elektrický potenciál**. Ta nám říká, jak silné je pole v daném místě. Potenciál elektrického pole zobrazujeme pomocí ekvipotenciálních ploch: jsou to myšlené plochy v prostoru (na 2D obrázku jsou to jednorozměrné křivky), které spojují místa se stejným potenciálem. Ekvipotenciální plochy jsou vždy kolmé na siločáry. Pokud přeneseme náboj mezi místy s různým potenciálem, buď konáme práci (pokud jdeme proti síle pole) nebo vykoná práci pole (pokud se necháme táhnout silou pole).



Už to všechno začíná být moc abstraktní... Je těžké si všechno toto představit, proto si všechno ještě jednou vysvětlíme na modelu něčeho, co už dobře známe. Představte si, jakoby kladné náboje kolem sebe tvořili kopec a záporné náboje údolí. Čím je daný náboj silnější, tím je kopec vyšší, případně údolí hlubší. Elektrické pole tedy tvoří pomyslnou mapu. Elektrický potenciál na této mapě odpovídá nadmořské výšce. Představme si, že jsme kladně nabitá částice pohybující se na této mapě. Elektrická síla nás táhne k zápornému náboji, tedy do údolí; při cestě dolů práci nekonáme (el. pole nás tam táhne). Pokud bychom se chtěli pohybovat proti této síle, musíme jít „do kopce“ (blíže ke kladnému náboji). Při cestě do kopce jdeme proti síle pole, musíme při tom vykonat určitou práci. Pro záporně nabitou částici by to bylo naopak. To, co nám na mapě ukazují vrstevnice (tj. spojují místa se stejnou nadmořskou výškou), to nám v elektrickém poli ukazují ekvipotenciální plochy. Pujdeme-li po vrstevnici, naše nadmořská výška se nemění. Stejně tak se nemění náš el. potenciál při pohybu po ekvipotenciální ploše. Směrem k vrcholu kopce nadmořská výška roste, stejně tak roste potenciál. Podobně jako kopec může být i el. pole různě strmé. Strmý kopec nám ukazuje vyšší hustota vrstevnic: na stejné dráze překonáme více výškových stupňů a tedy stoupáme rychleji. Stejně tak i ekvipotenciální plochy můžou být více nahuštěné: na stejné dráze tak vykonáme větší práci (případně pole vykoná větší práci) a náš potenciál se změní více.

Na obrázku můžete vidět, jak by vypadaly ekvipotenciální plochy (zeleně) při takovémto rozmístění nábojů. Opravdu se to podobá mapě s vrstevnicemi. Vlastní rozmístění nábojů si můžete vyzkoušet zde: https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html



Napětí

- značka: U , jednotka: V (Volt)

Elektrické napětí mezi dvěma body v prostoru je rovno rozdílu jejich potenciálů. Na našem modelu by tedy napětí značilo rozdíl nadmořských výšek: Pokud jsou 2 místa „na rovince“ ve stejné nadmořské výšce, napětí mezi nimi je nulové. Pro částice (kladné i záporné) není nijak výhodnější být na jednom z nich. Naopak pokud je mezi 2 místy určité napětí, tedy jejich potenciál je rozdílný (jedno místo je „výš“ než druhé), toto pole vtahuje záporně nabitě částice do míst s vyšším potenciálem (do kopce) a kladné částice do míst s nižším potenciálem. Jinými slovy, záporně nabitě částice se snaží dostat co nejvíc „nahoru“ (blíže ke kladnému náboji) a pro kladné částice je výhodnější být co nejvíc „dole“ (blíže k zápornému náboji).

Jak umožnit částicím, aby se pohybovaly tam, kam je pole táhne? Částice (např. elektrony) se nemohou jen tak pohybovat v jakémkoli prostředí. Pokud je mezi dvěma místy napětí pouze nám to říká, že elektrony „by se chtěly přesunout“, musíme jim k tomu ale zajistit vhodnou „cestu“. To jestli bude cesta pro elektrony vhodná nebo nevhodná je určeno vlastností materiálu zvanou **vodivost**.

Všechny látky bychom mohli rozdělit do tří kategorií: vodiče, polovodiče a nevodiče (izolanty). **Vodiče** jsou specifické tím, že obsahují volné elektrony, tj. z jejich atomů se elektrony velmi jednoduše oddělí a následně se mohou pohybovat po celém vodivém tělese. Typickými vodiči jsou kovy, např. měď, stříbro, zlato a hliník. Pro **nevodiče** toto není možné. Nevodivá tělesa mohou sice získat náboj (vzpomeňte si na brčko a kapesník), ale elektrony se

v nich pohybovat nemohou. Elektrony zůstanou na brčku „přichycené“ na stejném místě. Pokud chceme brčko vybit, musíme je všechny „sebrat“, tj. rukou přejet po celém brčku. U nabitého vodiče by se ho stačilo pouze dotknout na jakémkoli místě a nadbytečné elektrony by utekly z celého objemu tělesa (případně chybějící elektrony by přiběhly).

Jak bude vypadat el. pole ve vodiči, když se elektrony mohou pohybovat, kam chtějí?

Elektrony se ve vodiči přesunou tam, kam je pole nejvíc táhne (tj. ke kladnému náboji, od záporného náboje). Elektrony se rozprostřou tak, že nakonec celou „mapu pole“ vyrovnají na jednu „nadmořskou výšku“. V celém vodiči tedy bude díky rozmístění elektronů stejný potenciál. Pokud bychom někam přidali např. kladný náboj, elektrony změní své uspořádání, aby se potenciál opět ustálil (na nějaké jiné hodnotě).

Elektrický proud

- značka: I , jednotka: A (Ampér)

Elektrický proud je uspořádaný pohyb nabitých částic (nejčastěji elektronů).

Jak uspořádat pohyb volných elektronů ve vodiči? Už víme, že elektrony se vždy snaží vyrovnat potenciál na všech místech vodivého tělesa. Představme si, že bychom měli vodivý drát a k jednomu jeho konci jsme připojili kladný náboj a ke druhému náboj záporný. Jinými slovy, vytvořili bychom mezi těmito konci napětí (rozdíl potenciálů). Volné elektrony jsou odpuzovány od záporného náboje a snaží se potenciál vyrovnat. Vydají se tedy všechny stejným směrem: ke kladnému náboji (do místa s vyšším potenciálem). Právě teď by se jednalo o jejich uspořádaný pohyb. Všechny elektrony by se v tomto případě přesunuly na jeden konec vodiče.

Jak zařídit, aby elektrony obíhaly stále? Potřebovali bychom něco, co zvládne elektrony z jednoho konce vodiče zase přehodit na ten začáteční. Potom budou obíhat nepřetržitě. Toto umí zařídit součástka zvaná **zdroj**. Zdroj funguje tak, že mezi jeho dvěma svorkami je určité napětí. Na každou svorku se přichytí jeden konec vodiče, elektrony tím pádem začnou obíhat. Každý elektron, který „doběhne“ na konec vodiče zdroj opět přehodí „na start“. Takto mohou elektrony obíhat nepřetržitě. Jako zdroj (stejnosměrného proudu) se používá nejčastěji galvanický článek (např. tužková baterie, akumulátor). Spojením více článků vznikne baterie.

Stejně jako třeba proud vody, i elektrický proud může být různě velký. U proudu vody bychom sledovali, kolik vody proteče určitým místem za sekundu. U elektrického proudu je to dáno tím, kolik elektronů (tj. jak velký náboj) projde určitým místem vodiče za sekundu. Proto se pro výpočet používá vzorec:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Jaký je směr proudu? Protože ve valné většině případu tvoří elektrický proud elektrony, dávalo by smysl, že se pohybují od záporného náboje ke kladnému (tj. od svorky – ke sorce + na zdroj). Ano, toto je skutečný směr proudu, formálně je to ale naopak.

Domluvený směr elektrického proudu je od plusu k mínusu. Ve všech schématech i při zapojování zdroje se tedy počítá s tím, že proud jde tímto domluveným směrem.

Elektrický odpor

- značka: R , jednotka: Ω (Ohm)

Průchod elektronů vodičem samozřejmě není úplně bezproblémový. Materiál klade při průchodu elektronům určitý odpor („znesnadňuje jim průchod“). Jak moc velký odpor vodič klade záleží na následujících faktorech:

- materiál, ze kterého je vodič vyrobený (jak moc dobrý je to vodič)
- teplota (s vyšší teplotou odpor roste)
- kolmý průřez vodiče (čím větší, tím je odpor menší)
- délka vodiče (s délkou odpor roste)

Při vedení proudu je pro nás samozřejmě nejvýhodnější, aby byl odpor vodiče a tím i ztráty nejmenší. Určitý elektrický odpor mají i všechny spotřebiče (rezistory). Spotřebič je cokoliv, co nějak spotřebovává elektrický proud (využívá ho ke svému chodu), například žárovka, kuchyňské spotřebiče, fén, žehlička, rádio, televizor atd.

Tyto tři základní veličiny popisující elektrický obvod jsou spojeny do jednoho ze základních fyzikálních vztahů zvaného **Ohmův zákon**:

$$I = \frac{U}{R}$$

Ten nám říká, že čím větší bude na zdroji napětí, tím větší proud bude procházet. Tento proud je ale omezován elektrickým odporem. Čím větší bude odpor, tím menší bude proud.

Otázky:

- 1) Vytvoř vlastní „mapu“ elektrického pole pomocí této simulace. Náboje můžeš rozmístit libovolně, umísti alespoň 3. Pomocí měřáku (modrá věc napravo) vykresli ekvipotenciální plochy (kliknutím na tužku). https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html
- 2) Představ si, že máme 2 stejně velké náboje opačného znaménka v určité vzdálenosti od sebe. Kde při tomto rozmístění bude elektrický potenciál nulový? Zakresli tuto ekvipotenciální plochu. Pokud nevíš, můžeš si to opět zkusit v simulaci a měřákem najít místa s nulovým potenciálem.
- 3) Proč je směr elektrického proudu ve skutečnosti opačný než je domluvený směr proudu?
- 4) Proč je el. odpor přímo úměrný teplotě a délce vodiče? Proč je nepřímo úměrný průřezu vodiče? (Nápověda: představ si proud elektronů jako spoustu lidí, kteří se snaží někam doběhnout. Co jim cestu ulehčí/ztíží?)
- 5) Vodičem o odporu 15Ω prošel za 5 min náboj 240 C. Jak velké napětí bylo na koncích vodiče?

