

# Elektrostatické pole

**Elektrostatické pole** je speciálním případem elektrického pole. Elektrické pole existuje v okolí každého elektricky nabitého (zelektrizovaného) tělesa, resp. elektricky nabitých částic, a jeho projevem je vzájemné silové působení těchto elektrických nábojů.

Nejjednodušším případem je stav, kdy je pole způsobeno nábojem, který je stálý (nemění se jeho velikost) a je vzhledem ke zvolené vztažné soustavě v klidu (nepohybuje se). Potom toto pole označujeme jako elektrostatické. Elektrostatické pole se tedy řadí mezi stacionární elektrická pole (tzn. časově neproměnná) – opakem jsou nestacionární elektrické pole (časově proměnná).

## Fyzikální podstata elektrostatického pole

Elektrostatické pole je (jako např. i gravitační pole) formou hmoty a jeho podstata je materiální – jeho zdrojem jsou totiž částice nesoucí elektrický náboj.

Elektrostatické pole může existovat jen v nevodivém prostředí (dielektriku), protože ve vodivém prostředí by došlo k pohybu nábojů (a tím ke vzniku stejnosměrného proudu – potom by šlo o jinou formu stacionárního elektrického pole). Proto v elektrostatickém poli nemůže existovat žádný elektrický proud (elektrické náboje se nepohybují).

## Základní vlastnosti

Ke vzniku elektrického pole je nutná přítomnost elektrického náboje, který je vázán vždy na hmotný objekt. Každý náboj, který se vyskytuje v přírodě, je násobkem elementárního náboje, tj. náboje jednoho elektronu  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$  (kvarky se třetinovým elektrickým nábojem se v přírodě nevyskytují volně, pouze v kombinacích); toto pravidlo se také označuje jako zákon kvantování náboje. Podle dohody existují náboje kladné a náboje záporné (kladný elementární náboj má proton, záporný elektron).

Platí zákon zachování elektrického náboje – v elektricky izolované soustavě těles je úhrnný elektrický náboj stálý; elektrický náboj nelze vytvořit ani zničit, lze ho jen přemísťovat (v rámci jednoho tělesa nebo i z jednoho tělesa na druhé).

Podle principu superpozice elektrických polí je intenzita pole (viz dále) tvořeného soustavou  $N$  nábojů rovna vektorovému součtu intenzit polí, které vytváří každý z nich jednotlivě.

Pro bodové elektrické náboje platí Coulombův zákon, zákon silového působení nábojů, popisující velikost síly, kterou na sebe tyto dva bodové náboje působí.

Ke znázornění elektrického pole se používají siločáry, což jsou myšlené čáry charakterizující silové působení pole v různých bodech prostoru (vycházejí z kladných elektrických nábojů a směřují k záporným elektrickým nábojům), a ekvipotenciální hladiny.

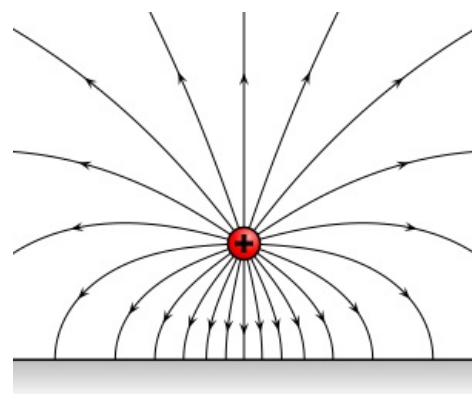
## Veličiny charakterizující elektrostatické pole

- Základní veličinou popisující zdroj elektrického silového působení je **elektrický náboj ( $Q$ )**, skalární veličina, jejíž jednotkou v soustavě SI je *coulomb* (**C**).

Nejdůležitějšími veličinami charakterizujícími elektrostatické pole jsou vektorová elektrická intenzita a skalární elektrický potenciál.

- **Intenzita elektrostatického pole (elektrická intenzita;  $E$ )** je vektorová veličina vyjadřující velikost a směr elektrického pole. Je definována jako podíl elektrické síly  $F_e$ , která působí v tomto místě na kladný bodový náboj (nebo by působila), a velikosti tohoto náboje  $q$  ( $E = F_e / q$ ). Do tohoto vztahu je možné dosadit vztah pro výpočet elektrické síly z Coulombova zákona – potom je velikost intenzity v daném bodě přímo úměrná velikosti náboje a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti tohoto místa od náboje, a zároveň závisí i na prostředí. Je-li náboj kladný, mají elektrická intenzita i elektrická síla shodný směr; je-li náboj záporný, mají směr opačný. Tečna siločáry v každém jejím bodě určuje směr intenzity elektrického pole. Jednotkou v soustavě SI je *volt na metr* (**V.m<sup>-1</sup>**), další používanou jednotkou je *newton na coulomb* (**N.C<sup>-1</sup>**).

- **Elektrický potenciál ( $\varphi$ )** je skalární veličina, kterou definujeme jako podíl elektrické potenciální energie  $E_p$  kladného bodového náboje  $q$  a tohoto náboje ( $\varphi = E_p / q$ ). Jedná se tedy o množství práce potřebné pro přenesení jednotkového elektrického náboje ze vztažného bodu, kterému je přisouzen nulový potenciál, do daného místa. Body o stejném potenciálu tvoří hladinu potenciálu (ekvipotenciální plochu). Jednotkou elektrického potenciálu je *volt* (**V**).



- **Elektrické napětí (U)** charakterizuje schopnost pole konat práci. Je rovno rozdílu elektrických potenciálů dvou bodů A a B elektrického pole ( $U = \varphi_A - \varphi_B$ ), tedy práci, kterou vykoná elektrické pole při přenesení jednotkového náboje z místa A do místa B ( $U = W_{AB} / q$ ). Přitom nezávisí na tvaru trajektorie, ale pouze na počátečním a koncovém umístění. Jeho jednotka je stejná jako u elektrického potenciálu, tedy *volt (V)*.
- **Elektrická polarizace (P)** je vektorová veličina související s polarizací dielektrika – popisuje elektrické pole vzniklé v dielektriku jeho polarizací (viz dále), vyjadřuje účinek vnějšího elektrického pole na dielektrikum. Jednotkou je *coulomb na metr čtverečný (C/m<sup>2</sup>)*.
- **Elektrická indukce (D)** je vektorová veličina (pozor – neplést s jevem elektrostatičká indukce (viz dále) nebo s pojmem elektromagnetická indukce), která je rovna indukovanému náboji, který připadá na jednotkovou plochu vodiče vloženého do elektrostatičkého pole ( $D = Q / S$ ). Popisuje elektrické pole v libovolném prostředí jako výsledek působení pouze volných nábojů (nezapočítává vliv vázaných elektrických nábojů). Jednotkou je *coulomb na metr čtverečný (C/m<sup>2</sup>)*.
- **Elektrická kapacita (C)** vyjadřuje schopnost vodiče (soustavy vodičů) pojmout při dané hodnotě potenciálu  $\varphi$  určitý náboj Q (je definována vztahem  $C = Q / \varphi = Q / U$ ). Kapacita osamocené vodiče je malá, proto se používají kondenzátory (soustava dvou vodičů (nejčastěji desek), mezi nimi dielektrikum, které kapacitu zvyšuje  $\epsilon_r$ -krát). Jednotkou v soustavě SI je *farad (F)*.

## Vodič a izolant v elektrostatičském poli

### Vodič

Přiblížíme-li elektricky nabitě těleso k izolovanému vodiči, vznikne i v něm elektrostatičké pole, které způsobí pohyb volných elektronů. Volné elektrony nesoucí záporný náboj se přemístí na jednu stranu vodiče, která se tím nabíjí záporně (v místě, kde siločáry vstupují do vodiče). Na druhé straně nedostatek elektronů vyvolává náboj kladný. Jev se nazývá **elektrostatičká indukce** a elektricky indukované náboje jsou *indukované náboje* (jsou dva, stejně velké a nesouhlasně indukované). Děj pokračuje tak dlouho, až pole indukovaných nábojů vyruší v celém objemu tělesa vnější pole a intenzita pole všude uvnitř vodiče je nulová. Takto indukované náboje ve vodiči můžeme od sebe oddělit – rozdělením vodiče na dvě části (tím získáme jedno těleso kladně nabitě a druhé záporně nabitě). Kdybychom vodič nerozdělili a nabitě těleso oddálili, jev zaniká.

### Izolant

Izolant (dielektrikum) neobsahuje ve své struktuře volné elektrony, ale jádra a elektrony nejsou pevně vázány a v atomech se mohou pohybovat. Atomy izolantu, který není umístěn v elektrostatičském poli, jsou symetricky uspořádané. Působením vnějšího elektrostatičkého pole však dochází k pohybu jader i elektronů. Kladné jádro atomu v elektrickém poli se posouvá ve směru intenzity, zatímco záporný obal proti směru. Vzniká částice se dvěma elektrickými póly zvaná *elektrický dipól* (tyto indukované náboje jsou zcela vázány na dipóly a nelze je odvést ani oddělit). Vložíme-li tedy izolant do elektrického pole, dochází k **polarizaci dielektrika**, tzn. že vznikají dipóly (na stranách izolantu se vytvoří navzájem opačné elektrické náboje) a vzniklé elektrické pole má opačnou intenzitu než původní pole. Proto se polarizací silové působení vnějšího elektrického pole zeslabuje (intenzita pole se zeslabí  $\epsilon_r$ -krát oproti prostředí vakua, kde  $\epsilon_r$  je relativní permitivita dielektrika).

## Odkazy

### Zdroje

- LEPIL, Oldřich a Přemysl ŠEDIVÝ. *Fyzika pro gymnázia - Elektrina a magnetismus*. 5. vydání. Praha : Prometheus, 2008. ISBN 978-80-7196-202-1.
- JAVORSKIJ, Boris Michajlovič a Miroslav BRDIČKA. *Přehled elementární fyziky*. 1. vydání. 1989. ISBN 80-03-00184-6.
- REICHL, Jaroslav. *Elektrický náboj a elektrické pole* [online]. [cit. 2013-11-23]. <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/218-elektricky-naboj-a-elektricke-pole>>.