

## Elektrostatika - úvod

Ing. M. Bešta

**Elektrostatika** se zabývá vzájemným působením elektricky nabitých těles, která jsou v klidu (nejsou v pohybu) – jsou statická. Základními pojmy elektrostatiky je elektrický náboj a elektrické pole.

Kolem každého elektricky nabitého tělesa je vytvořeno elektrické pole, pokud je nabité těleso v klidu (je statické to znamená, že se nepohybuje) je i jeho elektrické pole statické, mluvíme o **elektrostatickém poli**.

*Vlastnosti elektrického náboje (pro připomenutí):*

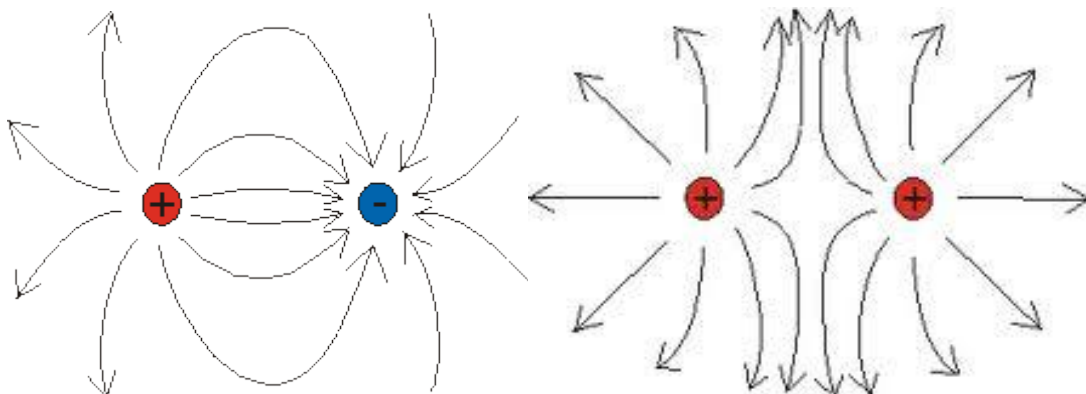
- Elektrický náboj značíme  $Q$  jednotka C – Coulomb
- Fyzikální veličina vyjadřující vlastnost některých částic přítomných v atomu (elektron má záporný náboj, proton má kladný náboj).
- El. náboj je schopnost těchto částic působit na sebe navzájem elektrickými silami, částice se shodným nábojem se odpuzují, částice s rozdílným nábojem se přitahují
- El. náboj nelze od jejich nositele (částic) oddělit.
- El. náboj se nedá vytvořit, ani zničit
- Volný el. náboj se dá přemístit
- El. náboj se dá uchovávat v součástkách zvaných kondenzátory
- El. náboj se dá měřit elektrometrem

### Elektrické pole

Dvě částice (tělesa) s elektrickým nábojem na sebe navzájem silově působí. Pokud mají částice shodný náboj (např. proton-proton), tak se odpuzují, pokud mají rozdílný náboj (např. proton-elektron) tak se přitahují. Velikost síly, kterou se dvě elektricky nabitá tělesa přitahují je závislá na velikosti náboje, vzdálenosti těchto nosičů náboje, a dielektrických vlastnostech prostředí, ve kterém se nacházejí. Tuto sílu lze spočítat podle tzv. Coulombova zákona:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi \cdot (\epsilon_r \cdot \epsilon_0) \cdot r^2}$$

Silové působení dvou nabitých těles probíhá v elektrostatickém poli, toto elektrické pole je kolem každého elektricky nabitého tělesa a to i ve vakuu. Průběh tohoto elektrického pole znázorňujeme siločarami. V místě kde je silové působení dvou polí nejsilnější, jsou siločáry kresleny blíže u sebe. Dohodou je stanoveno kreslení siločar ve směru od kladně nabitého tělesa k tělesu se záporným nábojem:



Pro siločáry elektrického pole platí:

- Vystupují kolmo z nabitého tělesa a nikde se neprotínají
- Na hranách a hrotech nabitého tělesa jsou blíže u sebe
- V homogenním poli jsou siločáry rovnoběžné

## Elektrostatika - úvod

Ing. M. Bešta

K popisu elektrického pole se používá veličina nazvaná Intenzita elektrického pole  $E$  [ $V \cdot m^{-1}$ ], vyjadřuje velikost a směr elektrického pole:

$$E = \frac{F}{Q_B}$$

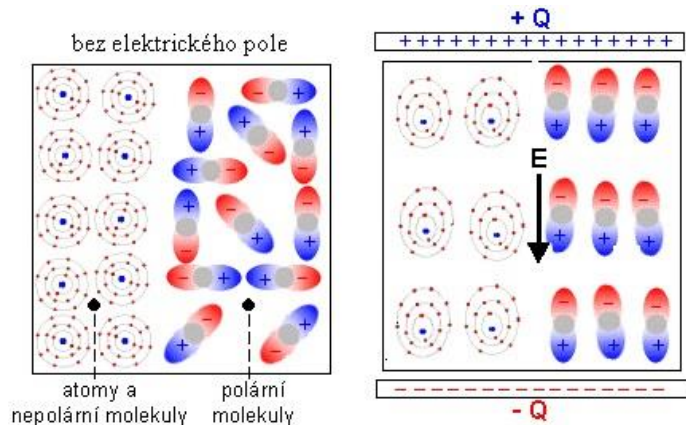
$F$  je síla působící na tzv. bodový náboj  $Q_B$

Vzájemné silové působení dvou nabitých těles popisuje již zmíněný Coulombův zákon:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi \cdot \epsilon \cdot r^2}$$

Síla působící na el. nabitá tělesa, bez ohledu na polaritu jejich náboje je podle Coulombova zákona přímo úměrná velikosti jejich náboje  $Q_1, Q_2$  a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti  $r$ . Řecké písmeno epsilon  $\epsilon$  označuje **permitivitu** [ $F \cdot m^{-1}$ ] ta vyjadřuje dielektrické vlastnosti prostředí. Někdy se v matematickém vyjádření (vzorci) Coulombova zákona setkáme místo  $\epsilon$  s výrazem  $(\epsilon_r \cdot \epsilon_0)$ , je to totéž jen vyjádřeno pomocí relativní permitivity dané látky  $\epsilon_r$  k permitivitě vakua  $\epsilon_0$  ( $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F \cdot m^{-1}$ ).

**Dielektrické vlastnosti** (permitivita) popisují schopnost *polarizace* dané látky. Polarizace = nerovnoměrné rozložení nabitých částic uvnitř atomu, nebo molekul po vložení látky do elektrického pole. K jedné straně atomu se přesunou elektrony, ke druhé straně se přesunou kladně nabitá jádra, z atomů se stávají tzv. elektrické dipóly. Při působení elektrického pole na dielektrikum (např. kondenzátor) se část elektrické energie přemění v teplo, kterým se dielektrikum ohřívá tomuto druhu ztrát, se říká dielektrické ztráty. Každý izolant lze polarizovat a je tedy dielektrikum, ale ne každé dielektrikum je izolantem.



**Průraz dielektrika** – při připojení dielektrika do elektrického pole může při překročení určité hranice napětí (tzv. průrazné napětí) dojít k vodivému spojení tzv. průrazu. Elektrický proud pak prochází dielektrikem a může dojít k dočasnému, nebo trvalému poškození dielektrika. Velikost elektrického pole, při které ještě k průrazu nedojde, se nazývá elektrická pevnost.

Hodnoty dielektrické pevnosti  $E$  pro některá dielektrika:

vzduch	=	$3 \cdot 10^6 V \cdot m^{-1}$
papír	=	$30 \cdot 10^6 V \cdot m^{-1}$
sklo	=	$14 \cdot 10^6 V \cdot m^{-1}$
teflon	=	$60 \cdot 10^6 V \cdot m^{-1}$

# Elektrostatika - úvod

Ing. M. Bešta

## Příklad 1:

Dvě kulová tělesa s nábojem  $C_1 = 10\mu\text{C}$  a  $C_2 = -25\mu\text{C}$  jsou ve vakuu od sebe vzdálená  $r = 2\text{m}$ . Jakou silou na sebe tyto tělesa působí pokud  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{F.m}^{-1}$ .

$$C_1 = 10\mu\text{C} = 1 \cdot 10^{-5} = 0,00001\text{C};$$

$$C_2 = -25\mu\text{C} = -2,5 \cdot 10^{-5} = -0,000025\text{C};$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{F.m}^{-1}$$

Výpočet:

Dosazením do:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi \cdot \epsilon \cdot r^2}$$

Získáme:

$$F = \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2^2} = \frac{2,5 \cdot 10^{-10}}{4,446 \cdot 10^{-10}} = 0,56\text{N}$$

**Elektrický potenciál** -  $\varphi$  (fi) [V- volt] popisuje potenciální energii el. náboje, kterou získal vykonáním práce potřebné při jeho přesunu v elektrickém poli z místa s nulovým potenciálem (zem).

Elektrický potenciál se určí podle vztahů:

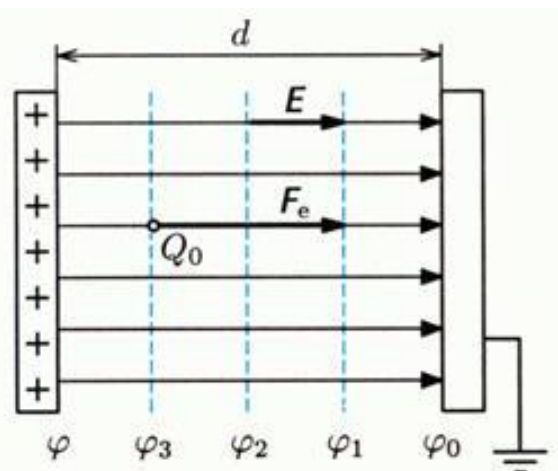
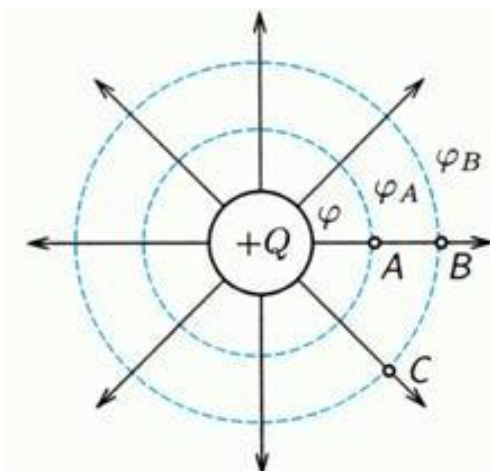
$$\varphi = \frac{W}{Q} \quad [\text{V}]$$

$$\varphi = E \cdot d \quad [\text{V}]$$

Místa, na kterých je stejný potenciál nazýváme potenciálové hladiny. Mezi místy s různými potenciály (tzv. potenciálové hladiny) je tzv. potenciálový rozdíl  $\Delta\varphi$ , tento rozdíl nazýváme elektrické napětí  $U$  [V]. Na stejné hladině potenciálu nikdy nemůže být elektrické napětí.

$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = U$$

$$\text{např. } \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = U$$



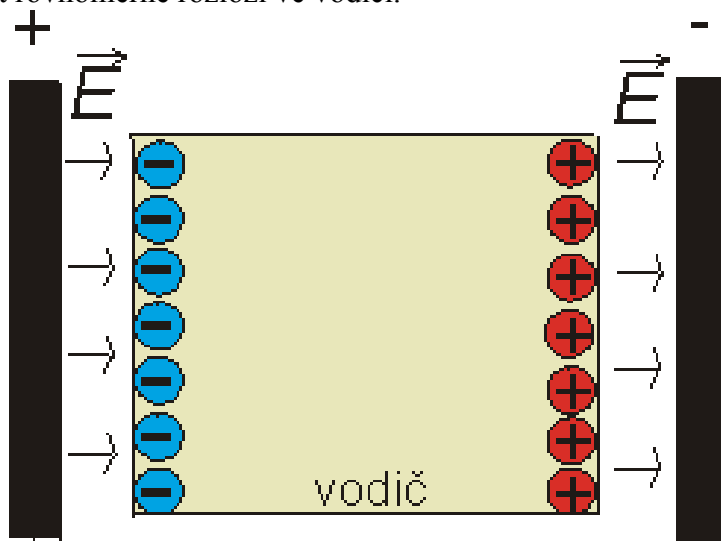
## Elektrostatika - úvod

Ing. M. Bešta

### Vodič v elektrickém poli

Po vložení vodiče do elektrického pole, působí na volné elektrony (nosiče záporného náboje) síly vyvolané elektrickým polem. Tyto síly způsobí nahromadění kladných a záporných nábojů na opačných koncích vodiče. Vodičem, kterým spojíme místa s různými potenciály, prochází elektrický proud a kolem tohoto vodiče se vytvoří elektrické pole.

Jestliže je vodič umístěn v elektrickém poli, ale nespojuje místa s různými potenciály, dochází k přesunu nosičů náboje a na povrchu vodiče vznikají oblasti s kladným a záporným nábojem. Tento jev nazýváme elektrostatická indukce. Rozdělením vodiče na dvě části lze takto indukované náboje od sebe oddělit. Pokud zůstane vodič nerozdělený, po zániku elektrického pole se nosiče opět rovnoměrně rozloží ve vodiči.



### Dielektrikum v elektrickém poli

Vložení dielektrika do elektrického pole dochází k jeho polarizaci a vzniku tzv. dipólů. Uvnitř dielektrika se silové působení dipólů vzájemně vykompenzuje, ale na okraji dielektrika vzniknou indukované náboje, které jsou vázané na dielektrikum. Tento náboj nelze uvolnit jde o tzv. vázaný náboj. Rozdělením dielektrika na dvě části nemůžeme od sebe indukované náboje oddělit, vzniknou zase dvě elektricky neutrální části. Tato polarizace mizí se zánikem el. pole, které ji vyvolalo. Zvýšením intenzity el. pole nad určitou mez dojde k průrazu dielektrika a průchodu el. proudu dielektrikem.

