

4.1.3 Permitivita prostředí

Předpoklady: 4102,

Coulombův zákon: $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$

Konstanta k závisí na prostředí. Hodnota $9 \cdot 10^9$ platí pro vakuum a přibližně také pro vzduch. Pro ostatní prostředí se nepoužívají jiné hodnoty k , ale jiný způsob vyjádření konstanty:

- pro vakuum: $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}$ $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ - **permitivita vakua** (jedna z nejdůležitějších fyzikálních konstant)
- jiné látky $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$ ϵ_r - **relativní permitivita** (liší se pro různé látky)

Dodatek: Na první pohled se zdá nesmyslné nahradit jednu materiálovou konstantu podstatně složitějším výrazem. Zlomek $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$ však usnadňuje formulaci zákonů, které sice leží mimo dosah středoškolské fyziky, ale pro studium elektromagnetismu jsou zcela zásadní. Permitivita vakua navíc patří mezi nezákladnější fyzikální konstanty a na rozdíl od konstanty k se fyzice vyskytuje i na mnoha dalších (pro laika často i nečekaných) místech.

Př. 1: V tabulkách najdi hodnoty relativní permitivity pro některé běžné látky (například vzduch, vodu, papír, porcelán ...). Jakých hodnot relativní permitivity látek nabývají?

Hodnoty ϵ_r pro některé látky (pro představu):

vzduch $\epsilon_r = 1,00060$

petrolej $\epsilon_r = 2,0$

ethanol $\epsilon_r = 24$

voda $\epsilon_r = 81$

papír $\epsilon_r = 2 - 2,5$

porcelán $\epsilon_r = 6$

sklo $\epsilon_r = 5 - 10$

Všechny relativní permitivity jsou kladná reálná čísla větší než jedna.

Př. 2: Rozhodni, jak se změní vzájemná síla mezi dvěma náboji, pokud je přemístíme z vakua do prostředí s $\epsilon_r = 2$.

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \Rightarrow \text{větší } \epsilon_r \Rightarrow \text{menší } k \Rightarrow \text{menší síla}$$

Vzájemná síla mezi dvěma náboji se po přemístění z vakua do prostředí s $\epsilon_r=2$ zmenší na polovinu.

Dodatek: Všechny látky mají $\epsilon_r > 1 \Rightarrow$ zeslabují elektrickou sílu (proč se dovíme později).

Př. 3: Dvě malé kuličky nesoucí náboje $Q_1 = +80 \text{ nC}$, $Q_2 = -20 \text{ nC}$ jsou umístěny ve vakuu 10 cm od sebe. Urči:

a) jakou silou se budou přitahovat

b) jak na sebe budou působit, když je necháme, aby se dotkly a pak je vrátíme do původní polohy

a) působení před dotekem

$$Q_1 = +80 \text{ nC} \quad k = 9 \cdot 10^9 \quad Q_2 = -20 \text{ nC} \quad R = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \quad F = ?$$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{80 \cdot 10^{-9} \cdot (-20 \cdot 10^{-9})}{0,1^2}$$

$$F = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Kuličky se budou přitahovat silou $F = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

b) po doteku se mezi kuličkami přenesou náboje, část kladného se vyruší se záporným.

$$80 - 20 = +60 \text{ nC} \Rightarrow \text{na 1 kuličku připadá } 30 \text{ nC}.$$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(30 \cdot 10^{-9})^2}{0,1^2} = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Kuličky se budou odpuzovat silou $F = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

Př. 4: Kuličky z předchozího případu b) byly přemístěny do jiného prostředí a odpuzivá síla se změnila na $F = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Urči relativní permitivitu tohoto prostředí.

$$Q = +30 \text{ nC} \quad R = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \quad F = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ N} \quad \epsilon_r = ?$$

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \cdot \frac{Q^2}{R^2}$$

$$\epsilon_r = \frac{Q^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2 \cdot F}$$

$$\epsilon_r = \frac{(30 \cdot 10^{-9})^2}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1^2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-4}}$$

$$\epsilon_r = 3,52$$

Relativní permitivita tohoto prostředí je $\epsilon_r = 3,52$.

Shrnutí: Elektrická síla mezi náboji se zmenšuje v látkovém prostředí. Míru zmenšení udává permitivita prostředí.