



7. Električna poljska jakost

Vsebina poglavja: definicija električne poljske jakosti, superpozicija električnega polja.

Pojem električne poljske jakosti je en najpomembnejših konceptov v elektrotehniki. V osnovi abstrakten pojem se bo kasneje izkazal kot ključen za določanje napetosti, energije in drugih pomembnih veličin.

Električna poljska jakost je definirana kot sila na enoto pozitivnega naboja $Q_t = 1 \text{ C}$:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_t}.$$

Električno poljsko jakost v poljubni točki v prostoru določimo tako, da v to točko postavimo poskusni (testni) naboj Q_t in določimo silo na ta naboj. Nato silo delimo silo s poskusnim nabojem Q_t in dobimo električno poljsko jakost.

Med točkastima nabojem Q in Q_t je sila $\frac{Q_t Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, kjer je r razdalja med nabojema. Električna

poljska jakost na mestu naboja Q_t je torej $E = \frac{1}{Q_t} \frac{Q_t Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

Ker pa je tako sila kot električna poljska jakost vektorska veličina, moramo upoštevati še smer. Ta je v smeri vektorja $\mathbf{r}$, ki je vektor od mesta naboja Q do testnega naboja Q_t .

SLIKA: Vektor električne poljske jakosti na oddaljenosti r od točkastega naboja Q .

Električna poljska jakost na oddaljenosti r od točkastega naboja Q je torej enaka

$$\vec{E} = \vec{e}_r \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Primer: Določimo električno poljsko jakost v koordinatnem izhodišču $(0, 0, 0) \text{ cm}$, če se v točki $T_1(1,0,2) \text{ cm}$ nahaja $Q = 2 \mu\text{C}$.

Izračun: Izračuna se lahko lotimo na enak način, kot da bi določali silo na (pozitivni) naboj Q_t v točki $(0, 0, 0)$.

$$\begin{aligned} \vec{F}_{Q_t} &= \frac{Q_t Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} (\vec{e}_r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_t \cdot 2\mu\text{C}}{5\text{cm}^2} \cdot \frac{-(1,0,2)}{\sqrt{5}} = \\ &= -9 \cdot 10^9 \frac{\text{V} \cdot \text{m}}{\text{A} \cdot \text{s}} \frac{Q_t \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{s}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \frac{(1,0,2)}{\sqrt{5}} = -Q_t \cdot 1,61 \cdot 10^7 (1,0,2) \text{ V/m} \end{aligned}$$

Električna poljska jakost pa je

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{Q_t}}{Q_t} = -1,61 \cdot 10^7 (1, 0, 2) \text{ N/C} = \underline{\underline{-1,61 \cdot 10^7 (1, 0, 2) \text{ V/m}}}.$$

Enota za električno poljsko jakost je V/m.

Iz primera vidimo, da lahko smer električne poljske jakosti določimo kot smer sile na namišljen pozitivni naboj. V principu je vseeno, kako velik je ta testni naboj, saj vidimo, da v enačbi sploh ne nastopa – v enačbi nastopa naboj, ki povzroča silo na testni naboj. Naboj 1 C je zelo velika količina naboja, ki ga je (1) realno nemogoče zbrati v točki (v malem radiju) in (2) tak naboj bi vsekakor predstavljal izrazito veliko silo na okoliške naboje in povzročil njihovo premaknitev. Zato je bolj natančna **definicija za električno poljsko jakost, da je to sila na majhen poskusni pozitivni naboj**, matematično

$$\vec{E} = \lim_{Q_t \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{Q_t}.$$

V čem je potem razlika med silo in električno poljsko jakostjo? Pomembna konceptualna razlika je v tem, da je mogoče sile določati le med naboji, medtem ko je **električna poljska jakost definirana v vsaki točki v prostoru**.

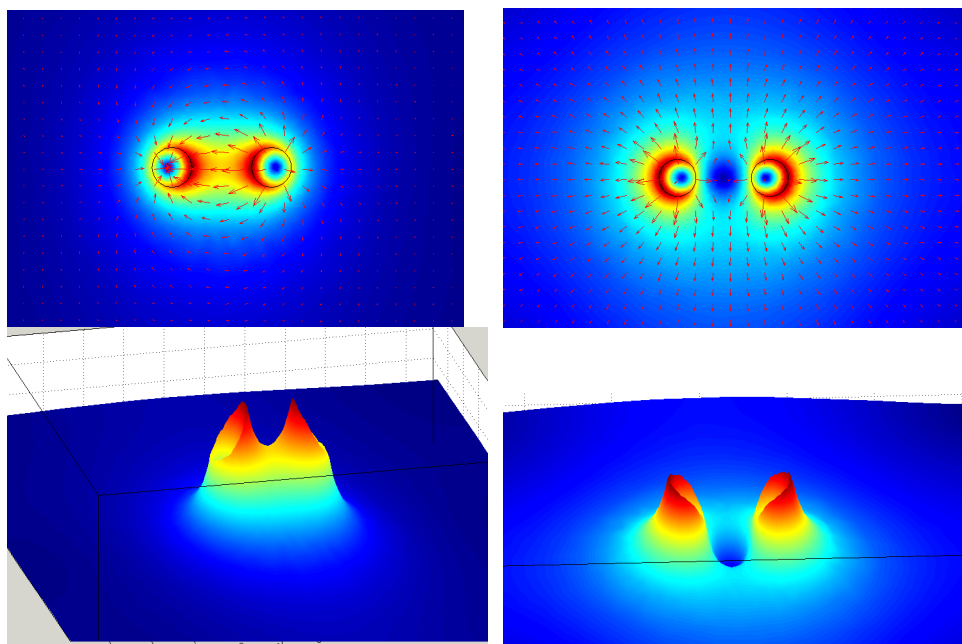
Superpozicija električnega polja. Kako določimo električno poljsko jakost v točki, če je v okolici več nabojev? Enako kot smo določali silo na naboj v okolici več nabojev. V točko postavimo poskusni naboj, izračunamo silo na poskusni (pozitivni) naboj kot superpozicijo posameznih prispevkov sile ter nato delimo s poskusnim nabojem. Oziroma, določimo električno poljsko jakost za vsak naboj posebej in prispevke seštejemo.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots = \sum_i \vec{E}_i$$

SLIKA: Več nabojev in električna poljska jakost v točki kot superpozicija električnih poljskih jakosti posameznih nabojev.

Prikazovanje električne poljske jakosti v prostoru. Ker je polje definirano v vsaki točki prostora, pomeni, da lahko v vsaki točki prostora ponazorimo polje z vektorjem, ki kaže smer in velikost polja v točki. Običajno se spoprijaznimo s tem, da rišemo vektorje električne poljske jakosti v določenih točkah v prostoru in tako prikažemo vektorsko polje. Druga možnost je, da prikazujemo velikost polja (vendar ne smeri) z 2D ali 3D prikazom z obarvanjem, pri čemer lahko na enem grafu prikažemo le eno komponento E-ja, npr. E_x ali le E_y . Pogosto pa z obarvanjem prikažemo absolutno vrednost polja.

SLIKA: Prikazovanje električne poljske jakosti v okolici točkastega naboja: a) z vektorji, b) 1D prikaz, c) 2D prikaz, d) 3D prikaz.



SLIKA: 2D in 3D prikaz električne poljske jakosti za polje v okolici dveh prevodnih naelektrenih valjev. Na dveh slikah na levi je prikazano električno polje v okolici dveh valjev naelektrenih z naboji nasprotnega predznaka (levi valj z negativnim, desni pa s pozitivnim nabojem), na desni pa dva valja z enako predznačenim nabojem (pozitivnim). Smer polja prikazujejo puščice (vektorji), velikost pa tako velikost puščic, kot tudi obarvanost – toplejša barva predstavlja večjo poljsko jakost.

Vprašanja za obnovo:

1. Ponovite definicijo električne poljske jakosti.
2. Enota.
3. Izpopolnjena definicija.
4. Konceptualna razlika med silo in električno poljsko jakostjo.
5. Superpozicija poljske jakosti.