

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE I

seznam formul

Šolsko leto 2008 / 2009
Izvajalec Anton Rafael Sinigoj

Avtor dokumenta /
Sodelavci /

UREJANJE DOKUMENTA

VERZIJA 01 REVIZIJA 01
DATUM 13. 2. 2009

ZADNJI POPRAVLJAL /
PREGLEDAL /

OPOMBE

POPRAVKI

www.stromar.si

zbirka študijske literature na spletu

razmnoževanje dovoljeno ob predhodnem dogovoru z avtorjem
v dokumentu lahko obstajajo napake

3. Lorentzova sila

$$\vec{F} = Q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}), \quad d\vec{F} = dQ \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

4. Povzedeletni elektrini

$$\text{def: } s = \frac{dQ}{dV}, \quad \sigma = \frac{dQ}{dA}, \quad j = \frac{dQ}{dL}$$

5. Pretok elektrine - elektrinski tok

$$\text{def: } i = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{integralna količina})$$

Formamo različne vrste tokov:

- konduktivni (nosilci so prosti elektrini)
- konvektivni (nosilci so injicirani v prostor - vakuum, redki plini)
- polarizacijski (elektromagnetna, mešana gibanja)
- magnetizacijski (verzanje elektronov)

6. Vektor gostote el. toka

$$i = \frac{dQ}{dt} = \frac{s \cdot dV}{dt} = \frac{s \cdot d\vec{a} \cdot d\vec{v}}{dt} = s \cdot \vec{v} \cdot d\vec{a}$$

$$\vec{J} = s \cdot \vec{v} \quad \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

$$i_{skrit} = \int_A \vec{J} \cdot d\vec{a}$$

7. Kontinuitetna enačba (zakon o ohranitvi elektrine)

Noboji ne nastajajo in ne izginejo - se le gibajo po prostoru, pri tem pa je njihova vsota enaka nič.

$$Q_{\text{not}}(t) + Q_{\text{zun}}(t) = 0$$

$$i = \frac{dQ_{\text{not}}}{dt} = - \frac{dQ_{\text{zun}}}{dt}$$

$$\oint_A \vec{J} \cdot d\vec{a} = - \frac{d}{dt} \int_V \rho \cdot dV \Rightarrow \oint_A \vec{J} \cdot d\vec{a} + \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot dV = 0$$

8. Razreditev el. mag. polj

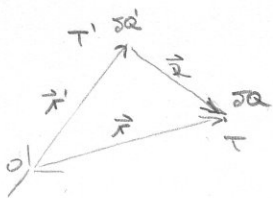
$$\oint \vec{J} \cdot d\vec{a} = - \int \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot dV$$

- mirujoče elektrine: $\vec{J} = 0 \Rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow \rho = \rho(t)$ - elektrostatika

- tokovna gostota je časovno neodvisna: $\vec{J} = \vec{J}(t) \Rightarrow \int \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot dV = \text{konst}$ - magnetostatika
 $\Rightarrow \oint \vec{J} \cdot d\vec{a} = 0 \Rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow \rho = \rho(t)$ - kont. tok polja, magnetostatika
 $\hookrightarrow \rho \neq 0 \Rightarrow$ elektrina se časovno kopiči brez mij \Rightarrow ni fizičnega možno \Rightarrow konst = 0

- tokovna gostota je krajinsko-časovna funkcija - elektrodinamika

9) Coulombov zakon



→ enotni vektor

$$\vec{F}_{12} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right) \cdot q_1 \cdot \frac{\partial Q \cdot \partial Q}{r^2}$$

$$\vec{F}_{21} = -\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right) \cdot q_2 \cdot \frac{\partial Q \cdot \partial Q}{r^2}$$

→ $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0$$

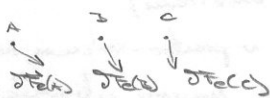
→ konstantne suvalobe

$$\epsilon^2 = \frac{1}{\mu_0 \cdot \epsilon_0}$$

→ dielektričnost
→ permeabilnost

$$\Rightarrow \vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \vec{r} \cdot \frac{\partial Q \cdot \partial Q}{r^2}$$

10) Polje električnih sil



$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \frac{\partial Q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{\vec{r}_i}{r_i^2} = \frac{\partial Q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{\vec{r}_i}{r_i^3}$$

Sila \vec{F}_{12} , ki se od točke do točke spreminja, predstavlja krajinsko porazdelitev sil - vektorsko polje sil.

11) Vektor el. poljske jakosti

Def: $\vec{E}(r) = \frac{\vec{F}_{na\text{-}el\text{-}trino-Q}}{\partial Q} \left[\frac{N}{m}\right]$

$$\vec{E}(r) = \frac{\sum \vec{F}_i}{\partial Q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{\partial Q}{r_i^2} \vec{r}_i = \sum_{i=1}^n \frac{\vec{F}_i}{\partial Q}$$

$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{\partial Q}{r_i^2} \vec{r}_i \Rightarrow \vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \sum_{i=1}^n \frac{\partial Q}{r_i^2} \vec{r}_i$$

$$\vec{F}_{12} = \partial Q \cdot \vec{E}$$

\vec{E} = normirano vektorsko polje sil

12) Gaussov stavek



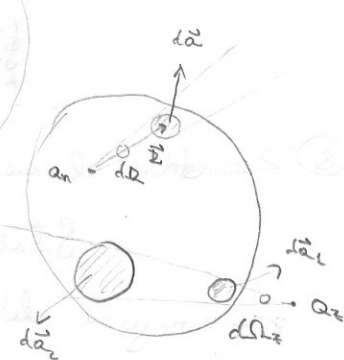
$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\vec{r}}{r^2} \cdot \frac{\partial Q}{r^2}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \oint \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\vec{r}}{r^2} \cdot \frac{\partial Q}{r^2} \right) \cdot d\vec{a} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \int \left(\int \frac{\vec{r}}{r^2} \cdot \frac{\partial Q}{r^2} \cdot d\vec{a} \right) \cdot \partial Q$$

→ $\int \frac{\vec{r}}{r^2} \cdot \frac{\partial Q}{r^2} \cdot d\vec{a} = 4\pi$

→ za notranje elektrone (Q_{in}): $\oint \frac{\vec{r}}{r^2} \cdot \frac{\partial Q}{r^2} \cdot d\vec{a} = \int d\Omega = 4\pi$

→ za zunanje elektrone (Q_{out}): $\oint \frac{\vec{r}}{r^2} \cdot \frac{\partial Q}{r^2} \cdot d\vec{a} = \int d\Omega = 0$



$$\Rightarrow \oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{Q_{NOT}} 4\pi \partial Q = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \int_{Q_{NOT}} \partial Q \Rightarrow \oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q_{NOT, celotni}}{\epsilon_0}$$

⇒ Fikol $\oint \vec{E} \cdot d\vec{a}$ je odvisen le od znotraj zajetih elektron. Zunanji elektrone nič ne vplivajo na gubol el. polja.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q_{notral}}{\epsilon_0} \quad \oint \vec{E}_{out} \cdot d\vec{a} = 0$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q_{out}}{\epsilon_0} \Rightarrow \oint \epsilon_0 \vec{E} \cdot d\vec{a} = Q_{out} \quad \frac{d}{dt}$$

$$\Rightarrow \oint \epsilon_0 \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q_{out}}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho \cdot dV = \int \vec{J} \cdot d\vec{a}$$

$$\Rightarrow \oint (\vec{J} + \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}) \cdot d\vec{a} = 0$$

→ povezava med \vec{J} in \vec{E}

13) Delo od el. polja

$$\vec{E}(T) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{q \vec{r}}{r^3} dQ$$

$$A = \int \vec{F} d\vec{l} = \int \vec{Q} \vec{E} d\vec{l} = \vec{Q} \cdot \int \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{q \vec{r}}{r^3} dQ \right) d\vec{l} = \frac{\vec{Q} q}{4\pi\epsilon_0} \int \left(\int \frac{\vec{r}}{r^3} dQ \right) d\vec{l}$$

$$\int \frac{\vec{r}}{r^3} dQ = \int \frac{dQ}{r^2} = -\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$\Rightarrow A = \vec{Q} \int \vec{E} d\vec{l} = \frac{\vec{Q} q}{4\pi\epsilon_0} \int \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) dQ$$

integral je odvisen le od razdalje in končne točke

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = 0$$

14) Potencialna energija

$$W_{\text{ep}}(T) = A(T, T_0) = \vec{Q} \int_T^{T_0} \vec{E} d\vec{l} = \frac{\vec{Q} q}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dQ}{r}$$

$$A(T_1, T_2) = \vec{Q} \int_{T_1}^{T_2} \vec{E} d\vec{l} = \frac{\vec{Q} q}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dQ}{r_1} - \frac{\vec{Q} q}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dQ}{r_2} = W_{\text{ep}}(T_1) - W_{\text{ep}}(T_2)$$

$$\Delta A_e(T_1, T_2) = \Delta W_{\text{ep}}(T_1) - \Delta W_{\text{ep}}(T_2) = \Delta A_{e1}(T_1, T_0) - \Delta A_{e2}(T_2, T_0)$$

15) El. potencial in el. napetost

$$\text{dgl: } V(T) = \frac{W_{\text{ep}}}{\vec{Q}}$$

$$V(T) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dQ}{r}$$

$$U_{12} = V(T_1) - V(T_2) = \int_{T_2}^{T_1} \vec{E} d\vec{l}$$

$$V(T) = \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

16) El. polje in luci potenciala

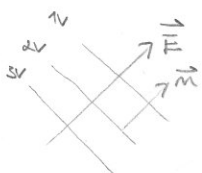
$$V(T) - V(T_2) = \int_{T_2}^T \vec{E} d\vec{l}$$

$$V(\vec{r}) - V(\vec{r} + d\vec{l}) = \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$-dV = \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{E} = \vec{n} \cdot E = -\vec{n} \cdot \lim \frac{\partial V}{\partial \vec{l}} = -\vec{n} \cdot \frac{\partial V}{\partial \vec{m}}$$

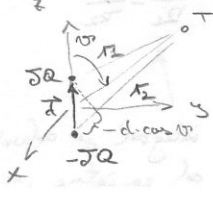
$$\Rightarrow \vec{E} = \left(-\frac{\partial V}{\partial x}, -\frac{\partial V}{\partial y}, -\frac{\partial V}{\partial z} \right)$$



17) Točkast dipol

El. moment $\vec{p} = \int \vec{r} \rho dV$
 delj: $\vec{p} = \int \vec{r} \rho dV$
 $\vec{p} = q \cdot \vec{r}$
 $\vec{p} = q \cdot \vec{r}$
 ↳ prostorska gostota el. momenta

Točkast dipol



$$\Delta V(r) = \frac{\Delta Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{\Delta Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} = \frac{\Delta Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{d \cdot \cos \theta}{r^2}$$

$$\Delta V(r) = \frac{\Delta p \cdot \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \Rightarrow \Delta V_{dip} = \frac{\Delta \vec{p}(r) \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^3}$$

Sila na točkast dipol

$$\Delta \vec{F}_{el} = \Delta Q \cdot \vec{E}(r_1) - \Delta Q \cdot \vec{E}(r_2)$$

$$\Delta \vec{\pi} = \frac{\vec{r}}{2} \times \Delta \vec{F}_{el} + \frac{\vec{r}}{2} \times \Delta \vec{F}_{ea} = \frac{\vec{r}}{2} \times \Delta (\vec{F}(r_1) + \vec{F}(r_2)) = \frac{\vec{r}}{2} \times \Delta \vec{F}$$

$$\Rightarrow \Delta \vec{\pi} = \Delta \vec{p} \times \vec{E}$$

$$\vec{E} = \Delta \vec{F}_{el} + \Delta \vec{F}_{ea} = \Delta Q (\vec{E}(r_1) - \vec{E}(r_2))$$

$$\Delta F_{ex} = 2 \Delta Q (F_x(r_1) - F_x(r_2)) = 2 \Delta Q (F_x(\vec{r} + \frac{\vec{d}}{2}) - F_x(\vec{r})) = \Delta Q \cdot d_x \cdot \frac{\partial F_x}{\partial x} = \Delta p \frac{\partial F_x}{\partial x}$$

$$\Delta \vec{F}_e = (\Delta p_x \frac{\partial}{\partial x} + \Delta p_y \frac{\partial}{\partial y} + \Delta p_z \frac{\partial}{\partial z}) \cdot \vec{E}$$

Potencialna energija dipola

$$\Delta W = \Delta Q \cdot V_1 - \Delta Q \cdot V_2 = \Delta Q (V_1 - V_2)$$

$$V_1 - V_2 = \int \vec{E} d\vec{l} = \vec{E} \cdot (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) = \vec{E} \cdot \vec{d}$$

$$\Delta W = \Delta Q \cdot \vec{E} \cdot \vec{d}$$

$$\Delta W = \Delta \vec{p} \cdot \vec{E}$$

18) Prevodnik v elektrostatičnem polju

sklonsi: \vec{E} v prevodniku = 0; $\vec{E} = 0$

znotraj prevodnika ni presečne elektrine $\rho(\vec{r}) = 0$

presečna elektrina se nahaja na meji prevodnika $\rho = \int \sigma da$

$$\vec{E}_0(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} dV'$$

Napotak prevodnika je konstanten

Vsa elektrina je zbrana na robu: $\rho_{znotraj} = 0$

$$E_n(r_+) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \text{ker} \quad \vec{E}(r_+) = \vec{n} \frac{\sigma}{\epsilon_0} + \vec{E}'' \quad \vec{E}(r_-) = -\vec{n} \frac{\sigma}{\epsilon_0} + \vec{E}'' = 0 \Rightarrow \vec{E}'' = \vec{n} \frac{\sigma}{\epsilon_0} \Rightarrow \vec{E}(r_+) = \vec{n} \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad 4$$

19) Izolator v električnem polju

→ vektor polarizacije
 $\vec{P} = \chi \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}$

"vektor \vec{P} je molarogljiva"

→ susceptibilnost = vrsta vrst polarizacij (dipolske, elektronske in ionske)

20) Vektor gostote el. pretoka

daj: $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \chi \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E} = \epsilon_0 (1 + \chi) \cdot \vec{E} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \vec{E} = \epsilon \cdot \vec{E}$$

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{a} = Q_{\text{not, prosti}} = \int \rho_{\text{prosti}} dV$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \chi \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon_0 (1 + \chi) \cdot \vec{E} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \vec{E} = \epsilon \cdot \vec{E}$$

21) El. pretok

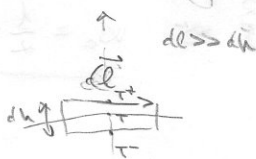
$$\Phi_e = \int \vec{D} \cdot d\vec{a}$$

Pomembno ga lahko kot točkovice v primeru talenice noske.

22) Najini pogoji elektrostatičnega polja

- Vektor \vec{E}

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \vec{E}(T^+) \cdot d\vec{l} - \vec{E}(T^-) \cdot d\vec{l} + E dh$$

$$\Rightarrow \vec{E}(T^+) \cdot d\vec{l} = \vec{E}(T^-) \cdot d\vec{l}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_T(T^+) = \vec{E}_T(T^-)$$

$$\Rightarrow \vec{n} \times (\vec{E}(T^+) - \vec{E}(T^-)) = 0$$

za nomenklaturo
 v primerjavi
 $\vec{E} \cdot d\vec{l}$, $d\vec{l} \cdot d\vec{h}$

najini pogoji: tangencialna
 komponenta \vec{E} med obeh strani
 prehaja zvezo

- Vektor \vec{D}

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{a} = Q_{\text{not}}$$



→ če je da majhen, je elektrina znotraj?
 plošča enaka približno 0. da.

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{a} = \vec{D}(T^+) \cdot d\vec{a} - \vec{D}(T^-) \cdot d\vec{a} = \sigma(T) \cdot d\vec{a}$$

$$\Rightarrow D_n(T^+) - D_n(T^-) = \sigma(T)$$

$$\Rightarrow \vec{n} \cdot (\vec{D}(T^+) - \vec{D}(T^-)) = \sigma(T)$$

najini pogoji: normalna komponenta
 vektorja \vec{D} napravi na maji dveh
 medijev enak, ki je enak gostoti
 proste ploščane elektrine.

- Med izolator - prevodnik

$$E_t = 0$$

$$D_n(T^+) = \sigma$$

$$E_n(T^+) = \frac{\sigma}{\epsilon}$$



- Med izolator - izolator $\Rightarrow \sigma = 0$, σ je navedeno na prevodnikih

$$E_t(T^+) = E_t(T^-) \quad \text{in} \quad D_n(T^+) = D_n(T^-)$$

$$\Rightarrow \frac{E_t(T^+)}{D_n(T^+)} = \frac{E_t(T^-)}{D_n(T^-)}$$

$$\Rightarrow \frac{E_t(T^+)}{\epsilon_1 \cdot E_n(T^+)} = \frac{E_t(T^-)}{\epsilon_2 \cdot E_n(T^-)}$$

$$\Rightarrow \frac{\tan \delta_1}{\tan \delta_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$$

23) Vir enosmernemu napetosti

$$U_g = \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{\sigma}_A = \vec{\sigma}_Q \cdot U$$

24) Kapacitivnost

def: $C = \frac{Q}{U}$

25) Metoda vzoljenja

- iskazuje bge pomembnih navodov elektrin

26) Energija elektrostatičnega polja

koef: $\vec{\sigma}_A = V_g \cdot \vec{\sigma}_Q = \frac{Q_g}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \vec{\sigma}_Q = \frac{Q_g}{C_0} dQ_g$

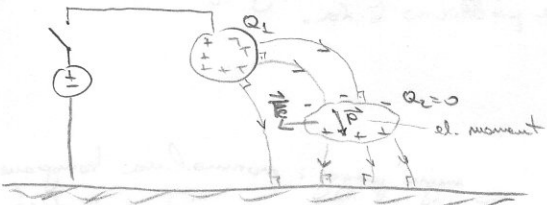
$$A = \int_0^{Q_{max}} \frac{1}{C_0} \cdot Q_g \cdot dQ_g = \frac{1}{C_0} \cdot \frac{Q_{max}^2}{2} = \frac{Q_{max}^2}{2C_0}$$

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow W_e = \frac{1}{2} VQ = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

Gostota energije el. polja:

$$w_e = \frac{\vec{E} \cdot \vec{D}}{2}$$

27) Gibalni procesi



Prevalno telo se bo gibalo v tisti smeri polja, kjer je polje najmočnejše.

1) napetostni vir je izključen

$$\vec{\sigma}_A + \vec{\sigma}W_e = \vec{F}_e \cdot d\vec{l} + \vec{\sigma}W_e = 0 \Rightarrow \text{ra x smer: } \vec{T}_{ex} = \frac{\partial W_e}{\partial x} \Rightarrow \vec{T}_{e_{gen}} = \left(-\frac{\partial W_e}{\partial x}, -\frac{\partial W_e}{\partial y}, -\frac{\partial W_e}{\partial z} \right)$$

Če se telo premakne v lvo, se energija sistema zmanjša.
 $Q = \text{konst} \Rightarrow V_g \text{ zmanjša} \Rightarrow C \text{ zmanjša}$

$$\vec{F} = \left(-\frac{\partial V}{\partial x}, -\frac{\partial V}{\partial y}, -\frac{\partial V}{\partial z} \right)$$

2) napetostni vir je vključen

$$-\vec{\sigma}_g + \vec{\sigma}_A + \vec{\sigma}W_e = -\vec{\sigma}_g + \vec{F} \cdot d\vec{l} + \vec{\sigma}W_e = 0$$

$$-U_g \cdot \vec{\sigma}_g + \vec{F}_e \cdot d\vec{l} + U_g \cdot \frac{\partial Q_g}{\partial x} = 0$$

$$\vec{F}_e \cdot d\vec{l} = \frac{U_g \cdot \partial Q_g}{\partial x} = \vec{\sigma}W_e$$

$$\Rightarrow \vec{T}_{e_{gen}} = \left(\frac{\partial W_e}{\partial x}, \frac{\partial W_e}{\partial y}, \frac{\partial W_e}{\partial z} \right)$$

Če se telo giblje pod vplivom sile \vec{F}_e , se bo polovica dela generatorja porabila za premik, polovica pa za gradnjo polja

18) Kondenzatorska mreža

- zaporedna mreža: $C_{med} = \sum C_i$

- vzporedna mreža: $\frac{1}{C_{med}} = \sum \frac{1}{C_i}$

- I k.z. zakon o shranitvi električne (koloni v voliču)

- II k.z. zakon o shranitvi energije (mupitot po celjski zuli)

19) OSOVNO KONSTANTNO TOKOVNO POLJE

20) Prevojni električni v el. polju

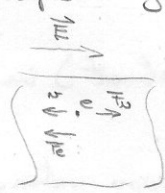
- Za vzdrževanje elektrostatičnega polja (osovno konstantnega) potrebujemo zunanjo viro.
- V snovi se pojavijo tokovna gostota $J = J(T)$, ki je le krajšna funkcija
- V medijih, kjer teče tok, se sprošča toplota

Pri konstantnem prevojnem je član $\vec{v} \times \vec{B}$ zanemarljiv glede na \vec{E}

21) Ohmov zakon, Joulov zakon

Nesli se teta in prevodnik so mobilni elektroni. Za njih velja gibalna enačba

$\vec{F}_e - e \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a}$
 ↳ $\vec{a} = \vec{v}$ ↳ poravnani pospešek je 0



$\vec{v} \cdot \vec{E} + e \cdot \vec{E} = 0$ / m

$\vec{v} \cdot \vec{E} + \frac{e \cdot T}{m} \cdot \vec{E} = 0$
 $\vec{v} = - \frac{e \cdot T}{m} \cdot \vec{E} = - \gamma \cdot \vec{E}$

$\vec{J} = e \cdot \vec{v} = + \frac{m \cdot e^2 \cdot T}{m} \cdot \vec{E}$
 $\vec{J} = \gamma \cdot \vec{E}$

↳ prevodnost

$\gamma = \frac{1}{\rho}$
 ↳ spec. upornost

$S(\vec{v}) = v^2 (1 + \alpha \cdot (v - v_0))$

$dW = dA_e = (\vec{J} \cdot \vec{E}) dV dt$
 $\rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\vec{J} \cdot \vec{E}}$

$\rho = \vec{J} \cdot \vec{E} = \frac{J^2}{\gamma} = \gamma \cdot E^2$

$\mathcal{P} = \int \vec{J} \cdot \vec{E} dV$

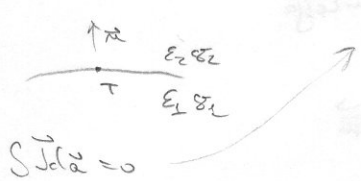
31) Časovno konstantno tokovno polje

$$\oint \vec{J} d\vec{a} = 0$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = 0$$

$$\oint \vec{D} d\vec{a} = Q_{\text{net}} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \int \vec{J} d\vec{a}$$

32) Mejni pogoji v tokovnem polju



$$\vec{J}_n(T^+) - \vec{J}_n(T^-) = 0$$

$$E_t(T^+) - E_t(T^-) = 0$$

$$D_n(T^+) - D_n(T^-) = \sigma(T)$$

V časovno konstantnem tokovnem polju pretopa normalna komponenta tokovne gostote miljo slab enovi zvezno

emalo kat za elektrostatično polje

33) Električna upornost (prevodnost) in izguba moči

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\int \vec{E} d\vec{l}}{\int \vec{J} d\vec{a}}$$

← obravnava z računom in integralni obliki

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

$$R = R(\rho_s) \cdot (1 + d(\rho - \rho_s))$$

34) Dualnost električnega in tokovnega polja

$$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E} \quad \vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad \vec{J} = \frac{\sigma}{\epsilon} \cdot \vec{D}$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{G}{C} = \left[\frac{1}{\Omega \cdot F} \right]$$

35) Kirchhoffova zbirna

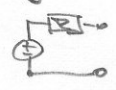
I k.z. $\oint \vec{J} d\vec{a} = 0 = \sum_{i=1}^n \vec{J}_i d\vec{a}_i = I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$
 $\sum_{i=1}^n I_i = 0$

Vesta priključnih in odtokovnih tokov v vozlišču = 0

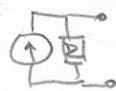
II k.z. $\oint \vec{E} d\vec{l} = 0 = \int_x^y \vec{E} d\vec{l} + \int_y^z \vec{E} d\vec{l} + \int_z^x \vec{E} d\vec{l} = U_{xy} + U_{yz} + U_{zx} = 0$
 $\sum_{i=1}^n U_i = 0$

26) Elementi enosmernih el. vezij

- Napetostni vir $U_g = U_0 - I \cdot Z$



- Tokovi vir $I = I_0 - G \cdot U$



zaporedna / vzporedna urava uporov $\Delta \rightarrow Y$

27) Metode reševanja enosmernih linearnih vezij

- 1) Kirchhoffova metoda $\sum k z$
- 2) metoda razcepnih tokov
- 3) Metoda spajalnih potencialov

28) Stavbe o enosmernih el. vezijh

- Stavbe o superpoziciji
- Stavbe o neodretnosti
- Tellegenov stavbe
- Thevenin in Norton stavitki

$$R_T = \frac{1}{G_N} = \frac{U}{I_{sc}}$$

