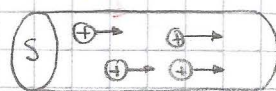


# EL. TOK, EL. VEZJA, SILA MED MAG. DIPOLOMA, MAGNETNO POLJE V OKOLICI PERMANENTNIH MAGNETOV IN VODNIKOV S TOKOM, ENERGIJA MAG. DIPOLA V POLJU

## ► Električni tok

$$I = \frac{e}{t} \quad [I] = A \quad \text{amper} \quad \left( I = \frac{de}{dt} \right)$$

Tok v vodniku z danim presekom definiramo kot naboj, ki se v časovnem intervalu pretóči skozi dan presek.



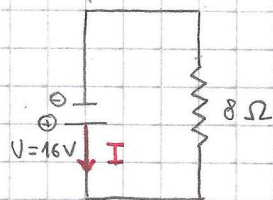
## ► Ohmov zakon

$$U = RI$$

U... napetost  
I... tok

R... upornost

$$[R] = \Omega \quad \text{OHM}$$



$$I = \frac{U}{R} = 2 \text{ A}$$

! El. tok kaže v nasprotno smer potovanja elektronov.

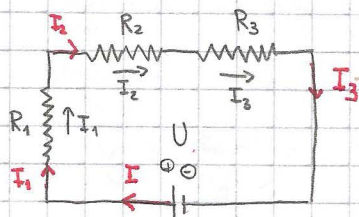
Elektroni: iz  $\ominus$  na  $\oplus$

El. tok: iz  $\oplus$  na  $\ominus$

Upornost upornika

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

$\rho$ ... specifična upornost



Uporniki v zaporedni vezavi

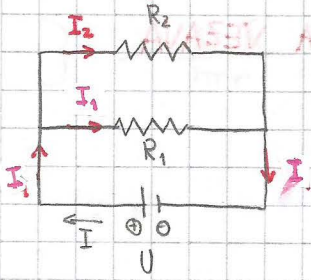
$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

$$R_n = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots = I(R_1 + R_2 + R_3 + \dots)$$



## Uporniki v vzporedni vezavi

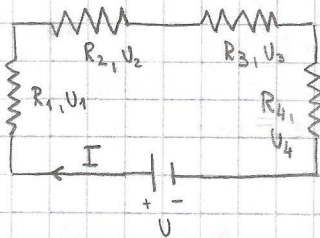


$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

## ZAPOREDNA VEZAVA

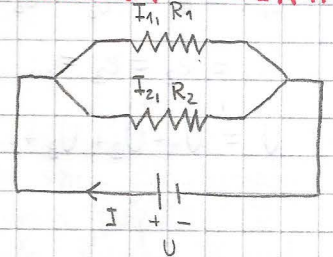


$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

$$R_n = R_1 + R_2 + \dots$$

## VZPOREDNA VEZAVA



$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots$$

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

## UPORNOST UPORNIKA

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

$\rho$  specifična upornost  
 $L$  ... dolžina  
 $S$  ... presekok

$$[\rho] = \Omega \text{m}$$

## Električna prevodnost

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$[\sigma] = \frac{1}{\Omega \text{m}}$$

sigma

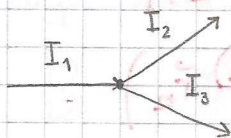
## Električna moč

$$[P] = W = \frac{J}{s}$$

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

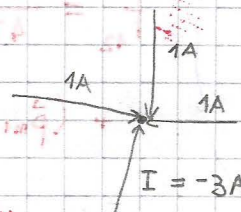
NAPETOST v tej enačbi predstavlja napetost med dvema točkama (prav tako  $I$ ).

## Kirchhoffova zakona

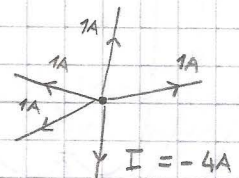


$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$\sum I_{\text{VHODNI}} = \sum I_{\text{IZHODNI}}$$

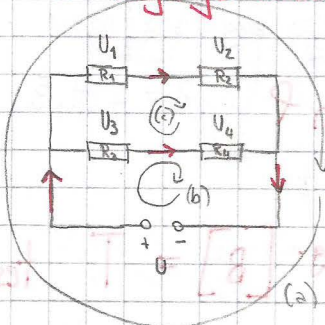


$$\sum I = 0$$



$$\sum I = 0$$

① Vsota vstopnih tokov v vsakem razvejišču el. vezja je enaka vsoti izstopnih tokov.



$$(a) U + U_1 + U_2 = 0$$

$$(b) U + U_3 + U_4 = 0$$

$$(c) U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 0$$

$U > 0$   
 vir.

$$U_1, U_2, U_3, U_4 < 0$$

$$U_1, U_2 < 0$$

$$U_3, U_4 > 0$$

$$\sum U_n = 0$$

$$\sum_n U_n = 0$$

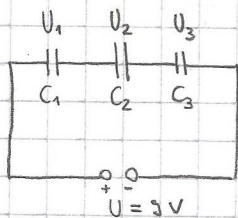
② V poljubni sklenjeni zanki v vezju je vsota napetosti enaka nič.

Per gremo v nasprotni smeri kot teče tok skozi upornika 3, 4



## ► Kondenzatorji v vezjih, polnjenje / praznjenje

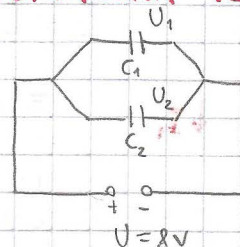
### ZAPOREDNA VEZAVA



$$\begin{aligned} C_1 &= 4F \\ C_2 &= 12F \\ C_3 &= 6F \end{aligned}$$

$$C_n = 2F$$

### VZPOREDNA VEZAVA



$$\begin{aligned} C_1 &= 6F \\ C_2 &= 3F \end{aligned}$$

$$C_n = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$e_n = e_1 + e_2 + e_3 + \dots$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots$$

$$\frac{1}{C_n} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$e_1 = e_2 = e_3 = \dots$  naboj na vsaki kond. je enak

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

$$\frac{e_1}{C_1} + \frac{e_2}{C_2} + \frac{e_3}{C_3} + \dots = U$$

### Praznjenje / polnjenje Kondenzatorja

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

tok eksponentno pada s časom

$I_0$  ... maks. tok na začetku;  $e$  ... Bol. eksp. fun.

$$\tau = RC$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R} = \frac{e_0}{\tau}$$

↙ trenutni čas

$$e = e_0 \exp(-\frac{t}{\tau})$$

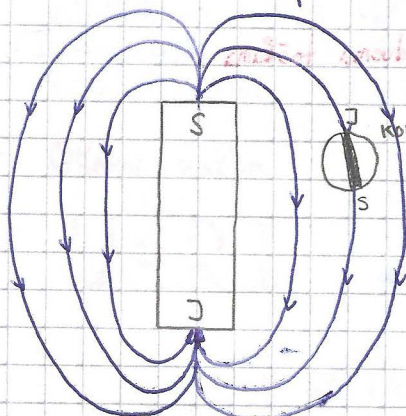
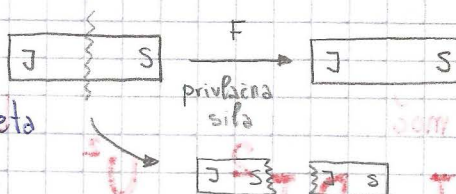
$$U_c = U_0 \exp(-\frac{t}{\tau})$$

naboji napetost na kond.

čas praznjenja

## ► Sila med magnetnima dipoloma

Če magnet prerežemo, imata nova magnetna tudi S in J pol.



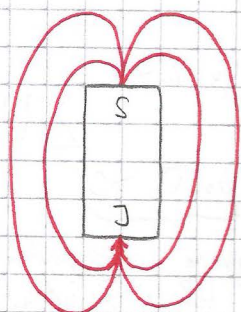
$\mu_0$  induksijska konst.  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

$$\begin{aligned} \vec{F}_{12} &= \frac{3\mu_0}{4\pi r^5} ((\vec{p}_{m1} \cdot \vec{r}_{12}) \cdot \vec{p}_{m2} + (\vec{p}_{m2} \cdot \vec{r}_{12}) \cdot \vec{p}_{m1} + (\vec{p}_{m1} \cdot \vec{p}_{m2}) \vec{r}_{12} - \frac{5(\vec{p}_{m1} \cdot \vec{r}_{12})(\vec{p}_{m2} \cdot \vec{r}_{12})}{r^2} \vec{r}_{12}) \end{aligned}$$

$\vec{p}_m$  ... magnetni dipolni moment [ $Am^2$ ]

## ► Magnetno polje

prostor, v katerem na namagneteno telo deluje mag. sila / navoj



$$\vec{F} = e(\vec{v} \times \vec{B}) = evB \sin \varphi$$

$$\varphi = \angle(\vec{v}, \vec{B})$$

$$\vec{B}(r) = \begin{pmatrix} B_x(x,y,z) \\ B_y(x,y,z) \\ B_z(x,y,z) \end{pmatrix}$$

gostota mag. polja  $[B] = T$  tesla

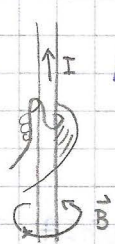
$$T = \frac{Vs}{m^2} = \frac{Ns}{Cm}$$



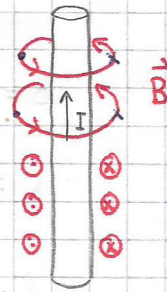
## ► Polje okoli ravnega dolgega vodnika

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

smer magnetnega polja določimo s pravilom desne roke

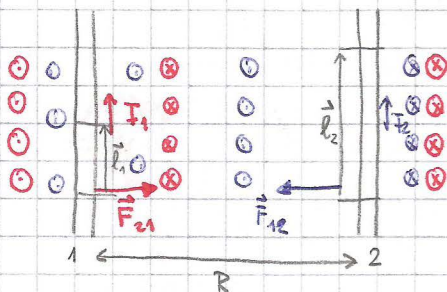


palec usmerimo v smeri toka, "oviti" prsti kažejo v smeri  $\vec{B}$



(X) v ravnino zvezka  
(O) iz ravnine zvezka

## [N] 2 vodnika, ista smer I



$$\vec{F}_{12} = I_2 \vec{l}_2 \times \vec{B}_1$$

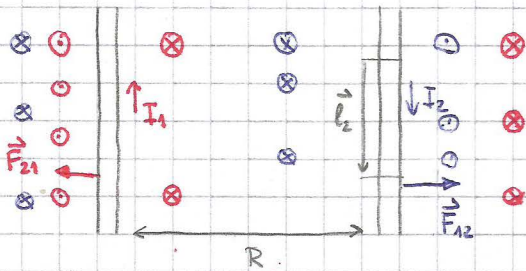
$$\vec{F}_{21} = I_1 \vec{l}_1 \times \vec{B}_2$$

za smer sile uporabimo desno roko:

palec, kazalec in sredinec postavimo v ortonormirano bazo

sredinec usmerimo v smeri polja, kazalec v smeri  $\vec{l}$ , palec kaže v smeri sile

## [N] 2 vodnika, različna smer I



$$\vec{F}_{12} = I_2 \vec{l}_2 \times \vec{B}_1$$

$$\vec{F}_{21} = I_1 \vec{l}_1 \times \vec{B}_2$$

Če tok na vodnikih kaže v isto smer, se privlačita. Če kaže v nasprotno smer, se "odbijata".

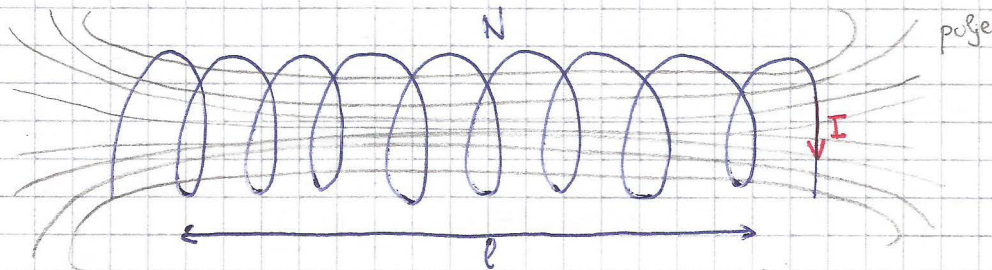
## ► Polje znotraj (in okoli) tuljave

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$

polje znotraj tuljave

(izven tuljave je zanemarljivo)

N... število zank  
l... dolžina tuljave



Polje je usmerjeno v smeri osi tuljave.