

Industrijsko inženjerstvo

Osnovi elektrotehnike

Električna struja 1

1. Jačina struje
2. Gustina struje
3. Otpornost
4. Omov zakon
5. Džulov zakon

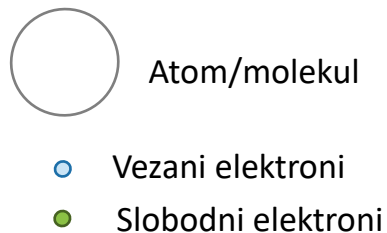
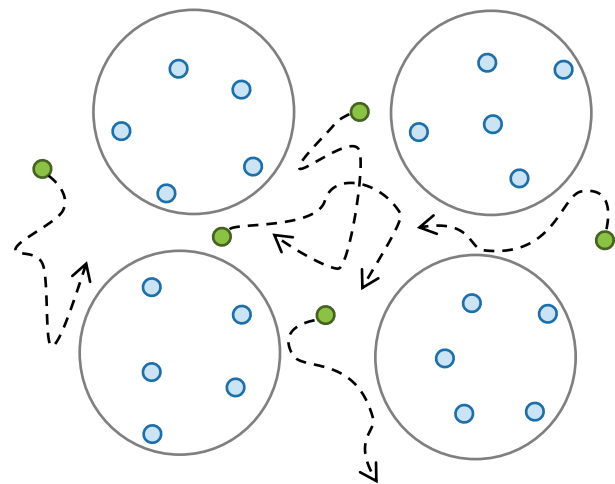
van. prof. dr Miodrag Milutinov

kabinet 132 NTP

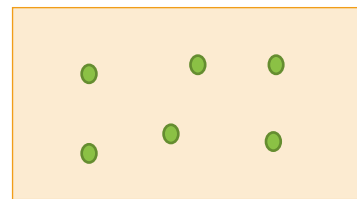
miodragm@uns.ac.rs



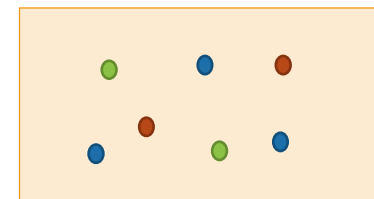
Podsećanje sa prošlog časa ...



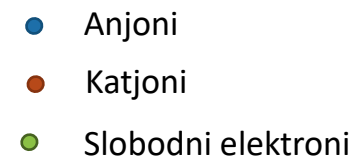
1. Provodnici - mnogo slobodnih elektrona, jona



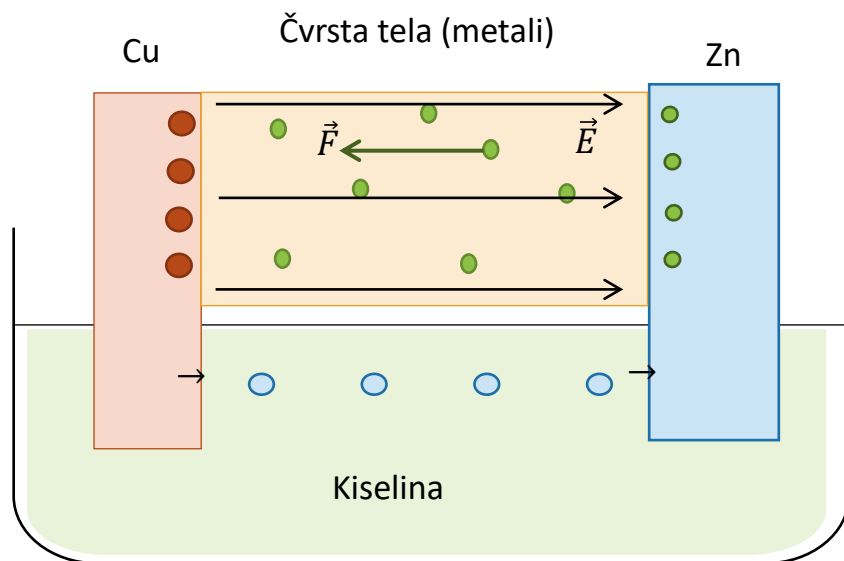
Čvrsta tela (metali)



Tečnosti i gasovi



Električna struja



Pod dejstvom sile električnog polja slobodna naelektrisanja počinju da se kreću.

Organizovano (usmereno) kretanje slobodnih naelektrisanja – **električna struja**.

- U čvrstim telima (metalima): elektroni
- U tečnostima i gasovima: elektroni i joni (pozitivni i negativni)

$$\vec{F} = Q\vec{E} = (-e)\vec{E}$$

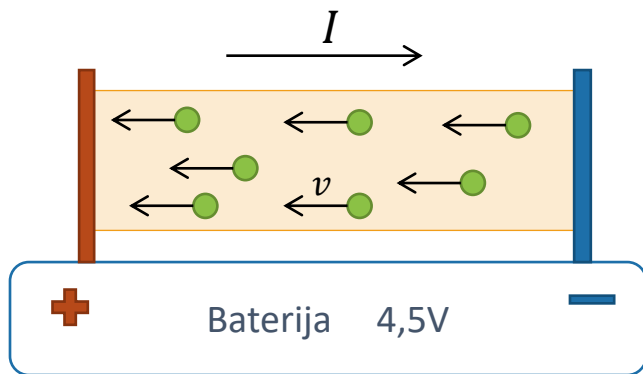
- slobodni elektron
- anjon
- katjon

Jačina struje

Jačina struje - Fizička veličina koja predstavlja meru brzine usmerenog kretanja naelektrisanja. Oznaka I , jedinica A (amper).

Definiše se kao protekla količina naelektrisanja kroz poprečni presek provodnika u toku intervala vremena.

$$I = \frac{Q}{t}$$



Jačina struje je usmerena skalarna veličina.

Smer struje je suprotan od smera kretanja elektrona.

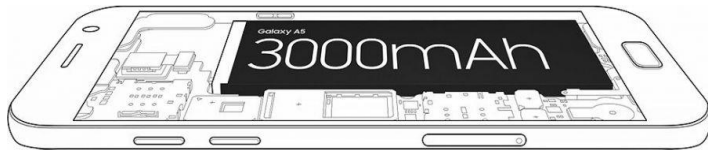


Engraving of André-Marie Ampère

1775 - 1836

Jačina struje

Alternativna jedinica za količinu naelektrisanja je Ah



Kapacitet baterije, Q [Ah]

$$Q = It$$

$$1C = 1A \cdot 1s = 1As$$

$$1A \cdot 1h = 1Ah$$

$$100\text{ mA} \cdot 1h = 100\text{ mAh}$$

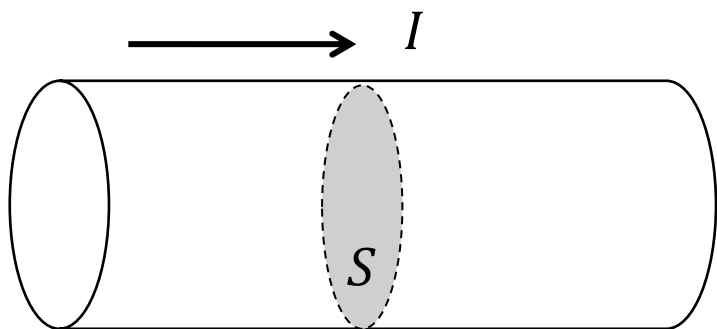
$$Q = 3000\text{mAh}$$

$$I = 150\text{ mA}$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{3000\text{ mAh}}{150\text{ mA}} = 20\text{ h}$$

Gustina struje

Predstavlja odnos jačine struje u provodniku i površine poprečnog preseka provodnika.



$$J = \frac{I}{S}$$

Oznaka J
Jedinica A/m^2

Gustina struje

U električnim kolima je najbitnije da gustina struje ostane u dozvoljenim granicama.

$J_{\max}$ - Maksimalana gustina struje koju provodnik može da izdrži a da ne pregori.

$$J < J_{\max}$$



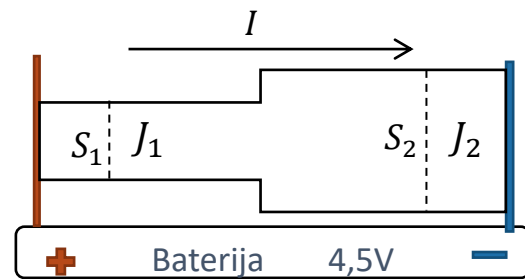
$$J_{\max} = 3 - 10 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Primer:

$$I = 3 \text{ A,}$$

$$J_{\max} = 3 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

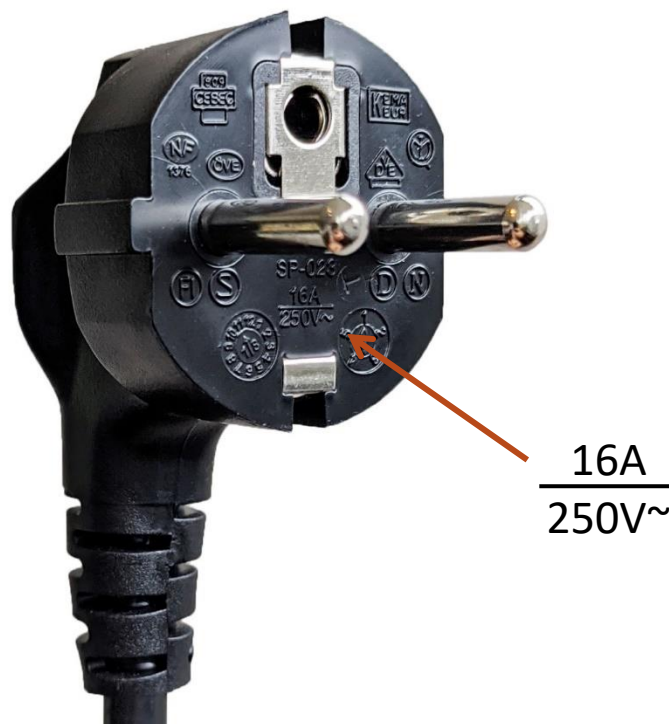
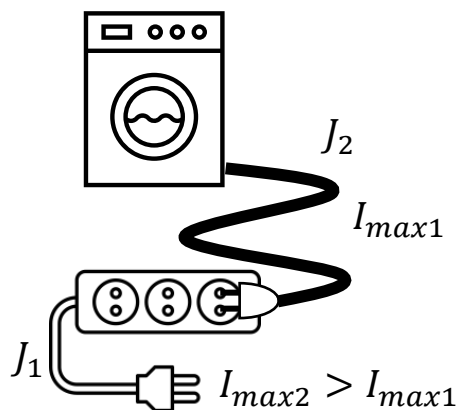
Kolika je minimalna
debljina žice potrebna?



$$S_1 < S_2 \quad \Rightarrow \quad J_1 > J_2$$

$$J_1 < J_{\max} \quad J_2 < J_{\max}$$

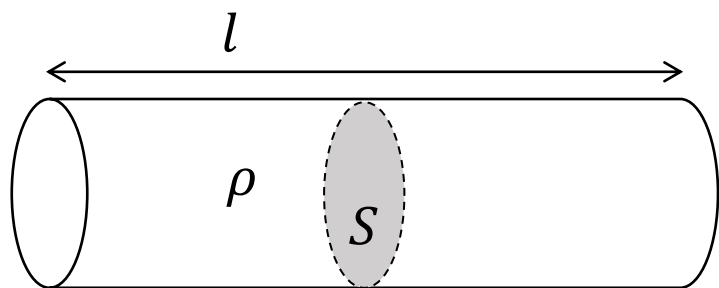
Gustina struje



Otpornost

Otpornost tela je mera suprotstavljanja električnoj struji (kretanju elektrona) kroz telo. Oznaka R , jedinica Ω (om).

- Zavisi od dimenzija i vrste materijala.

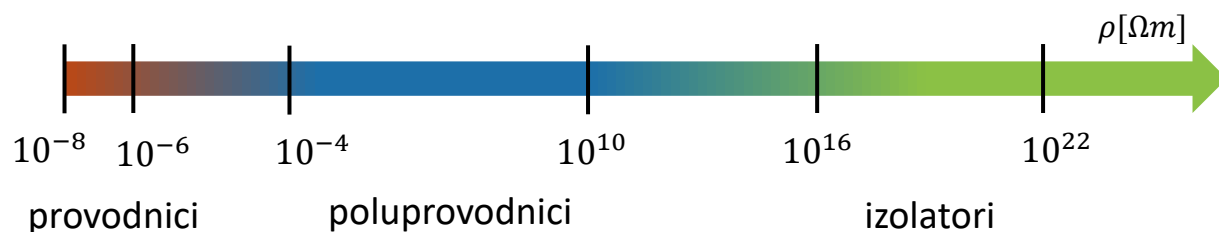


$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho[\Omega m]$ – Specifična otpornost materijala

$l[m]$ – Dužina tela

$S[m^2]$ – Površina poprečnog preseka tela



materijal	$\rho[\Omega m]$
bakar	$1,7 \cdot 10^{-8}$
aluminijum	$2,6 \cdot 10^{-8}$
grafit	10^{-5}
PET	10^{21}

Otpornost

Žice, kraći kablovi, konektori, prekidači, utikači, utičnice imaju veoma malu otpornost koja se može praktično zanemariti.

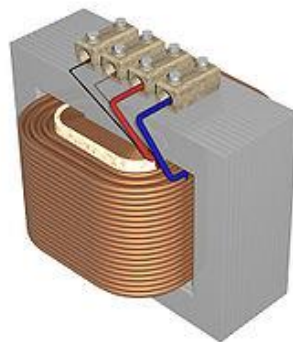


$$R \approx 0$$

Otpornost

Duži vodovi (dalekovodi), namotaji žice kod transformatora ili elektromotora zbog svojih dimenzija (dužine) imaju otpornost koja se ne može zanemariti.

$$R \neq 0$$



Izračunati otpornost žice dalekovoda dužine 30 km, debljine 1 cm, ako je napravljen od bakra specifične otpornosti $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Otpornost

Električne sijalice imaju otpornost koja se ne može zanemariti zbog vlakna koje ima veliku specifičnu otpornost.

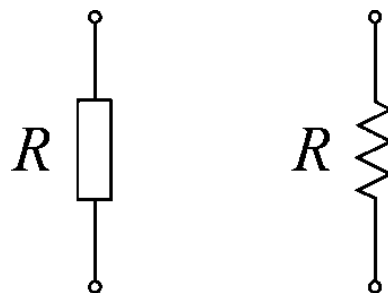
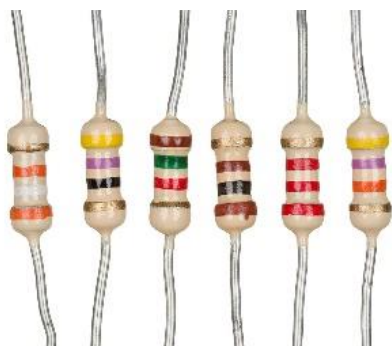


$$R \neq 0$$

Izračunati otpornost sijalice ako je dužina vlakna 10 mm, prečnik vlakna 0,5 mm a materijal od koga je vlakno napravljeno je volfram specifične otpornosti $100 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Otpornost

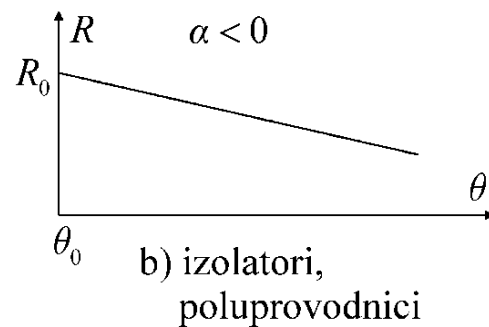
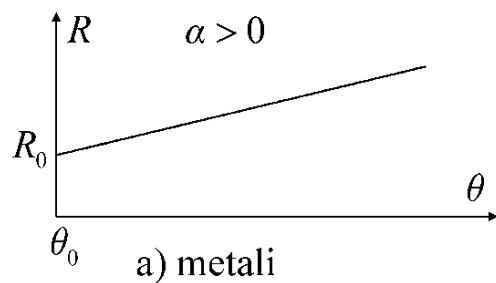
Otpornici različitih otpornosti kojima se namerno ograničava jačina struje.



Simbol otpornika u električnim šemama

Otpornost

- Otpornost zavisi i od temperature.
 - Kod provodnika raste sa temperaturom
 - Kod izolatora i poluprovodnika opada

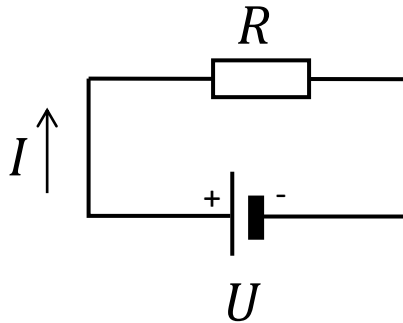


Ohmov zakon

Ohmov zakon povezuje jačinu struje, napon i otpornost provodnika (otpornika).

Jačini struje je jednaka količniku napona na provodniku i njegove otpornosti.

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



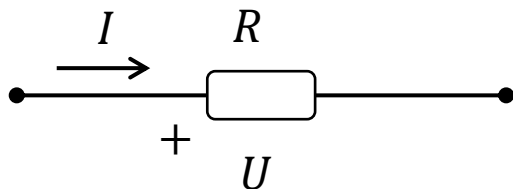
Georg Simon Ohm
1789 - 1854

Omov zakon

Napon na provodniku je jednak proizvodu jačine struje kroz provodnik i njegove otpornosti.

$$U = RI$$

Isti zakon važi i za otpornike.



Kraj provodnika (otpornika) u koji struja ulazi se označava simbolom “+”.

Izračunati jačinu struje kroz sijalicu otpornosti $5\ \Omega$ ako je priključena na akumulator napona 12 V .

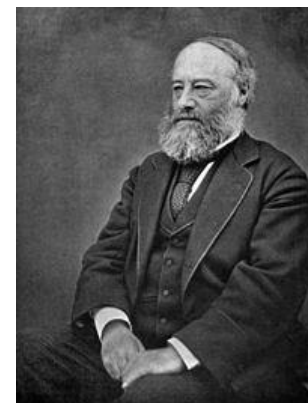
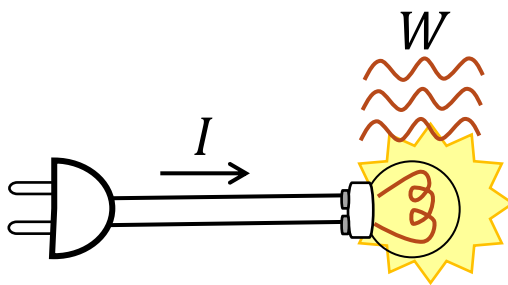
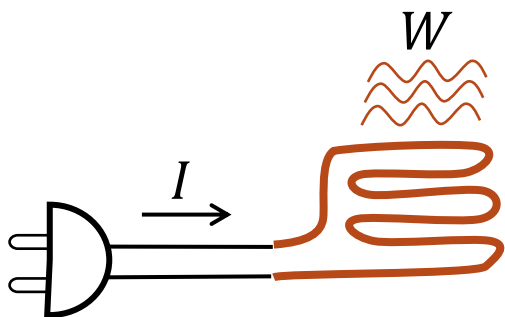
Džulov zakon

Električna energija koja se u provodniku pretvori u toplotnu srazmerna je otpornosti provodnika i kvadratu jačine struje provodnika.

$$W(J) = RI^2t$$

t - vreme

$$W = UIt$$



James Prescott Joule
1818 - 1889

Džulov zakon

Snaga je brzina kojom se električna energija pretvara u toplotnu energiju.

Oznaka za snagu je **P**, jedinica **W** (vat)

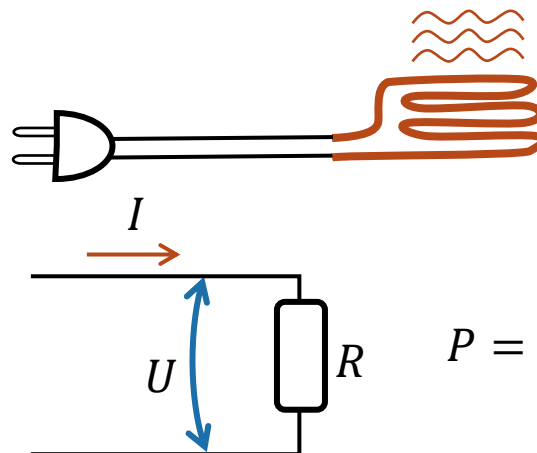
$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = UI$$

$$1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ J}$$

$$1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1 \text{ kWh}$$

$$1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ}$$



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

$$P = RI^2$$

Grejači, sijalice i svi elementi koji električnu energiju pretvaraju u toplotnu mogu da se predstavljaju pomoću simbola **otpornika**.

Pretvaranje električne energije u toplotnu predstavlja gubitak električne energije za električni sistem. Zato se ova snaga zove snaga **Džulovih gubitaka**.

Pitanja

- Šta je to električna struja?
- Šta su većinski nosioci naelektrisanja u metalima?
- Kako se definiše jačina struje u provodniku?
- Koliko 1 Ah ima kulona?
- Šta je maksimalna gustina struje?
- Kako debljina provodnika utiče na njegovu otpornost?
- Čemu služe otpornici?
- Koje veličine i na koji način povezuje Ohmov zakon?
- Koje veličine i na koji način povezuje Džulov zakon?