

Univerzitet u Banjoj Luci

Elektrotehnički fakultet

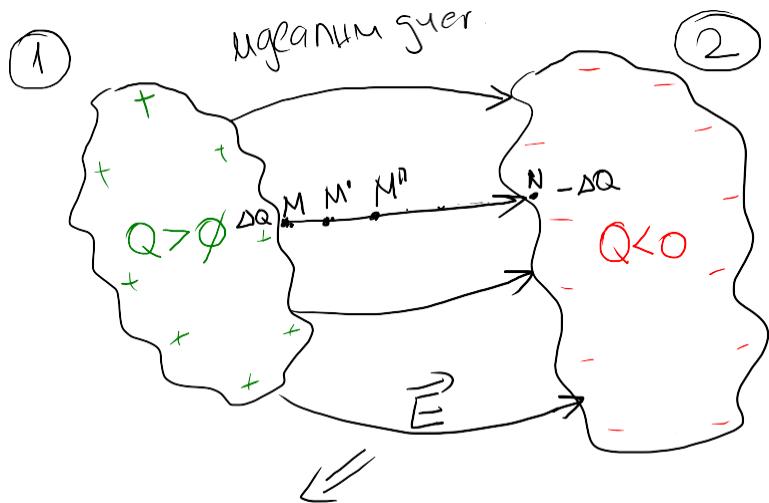
Osnovi elektrotehnike 1

Vremenski konstantne struje: uvod, prvi Kirhofov zakon, specifična otpornost i provodnost

Predavanje: 7. blok

ВРЕМЕНСКИ КОНСТАНТНЕ ЕЛ. СТРУЈЕ

Dio prostora u kome postoji električna struja zove se **strujno polje**. Strujno polje postoji samo u strujnom kolu, a električno polje i u strujnom kolu i izvan njega.



струјно тело
струјно кло

1.) ЧУЛОВ ЕФЕКАТ

У датом опсегу у који садају
ен. струје долази опсегу који
ен. струје у опсегу.

2.) Извори ен. струје или централи

генератори се сопарују

$$\Delta Q > 0$$

$$\Delta \vec{F} = \Delta Q \cdot \vec{E}$$

Kог Опсегу који садаје ен. струје
се садаје и у унутрашњостима
опсега!

1. Prilikom sudara sa nekom nenaelektrisanom česticom kinetička energija se prenosi na tu česticu zbog čega termičko kretanje čestica u provodniku postaje intenzivnije (provodnik se zagreva), pa u svakom provodniku, u kome postoji električna struja, dolazi do pretvaranja električne energije u toplostnu. To se naziva **Džulova pojava** (efekat).
2. Za održavanje vremenski nepromenjive struje neophodno je električna opterećenja na tijelima održavati konstantnim
3. Vrši se ne samo pretvaranje energije generatora u drugi oblik, već i prenošenje energije u sve tačke provodnika. Električno polje igra ulogu posrednika pri prenošenju energije od generatora do mesta gdje se električna energija pretvara u neki drugi vid energije, odnosno ono ima ulogu rezervoara energije. Energija sadržana u tom polju se stalno troši na mestu prijema, ali se istovremeno stalno dopunjava od strane generatora i to veoma velikom brzinom.

ГУСТИНА СТРУЈЕ И ИНТЕНЗИТЕТ СТРУЈЕ

- Гуашна струја (песечарска лемуша која се креће према ен. општетаса у неки начин)
- Интензитет (јачина) струје (средња лемуша која овегаје креће ен. општетане према неки посредни

$$Q = \frac{\delta m \text{ масе} \times \text{брзина } \delta v}{\delta t} = N$$

када испарује снодога маса највећа $H_2O = \frac{\delta m \text{ масе} \times \text{брзина } \delta v}{\delta t} = N$

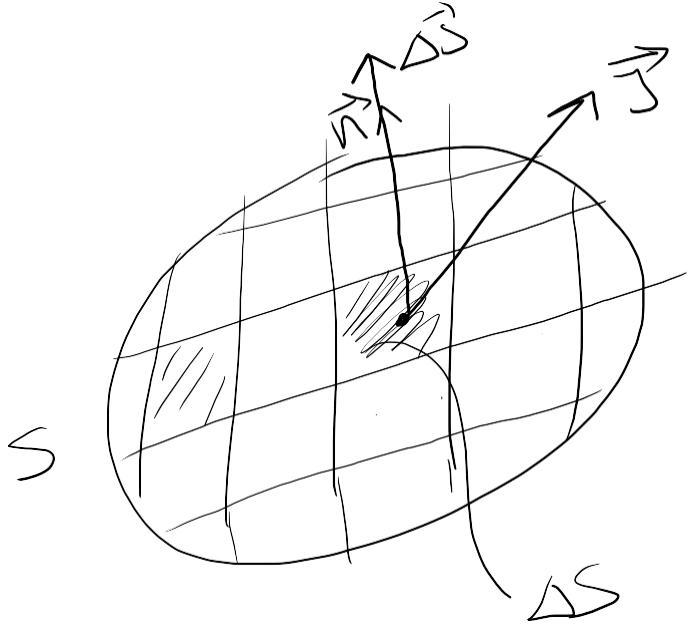
$$\vec{J} = N Q \vec{\delta}$$

$\vec{J} = \sum_{k=1}^N n_k q_k \vec{\delta}_k$

изашла струја у основији начин

J има смјер кретања позитивних носилака.

$$\Delta I_{KPOZ \Delta S} = \frac{\Delta Q_{KPOZ \Delta S} z \alpha \sigma}{\Delta t} = \vec{J} \cdot \vec{\Delta S}$$



$$\vec{J} = \text{const.}$$

$$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} = \vec{J} \int_S d\vec{S} = \vec{J} S$$

$$I_{\text{Kreis}} = \sum_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

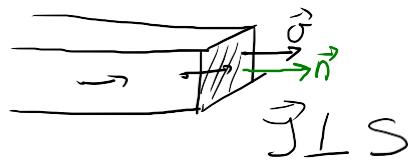
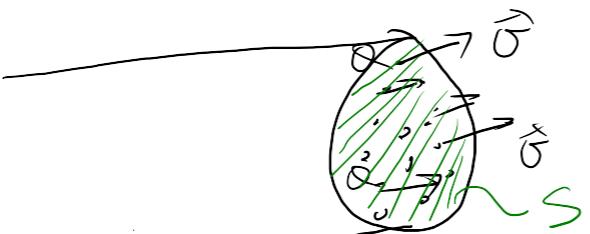
$$I_{\text{Kreis}} = \int_S \vec{J} d\vec{S}$$

$$I = \frac{dq}{dt} \left[\frac{C}{S} = A \right]$$

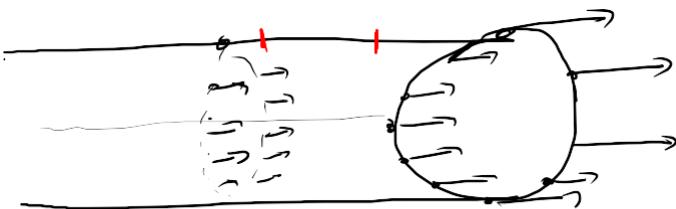
↗
Fläche

$$I = JS$$

$$J = \frac{I}{S} \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

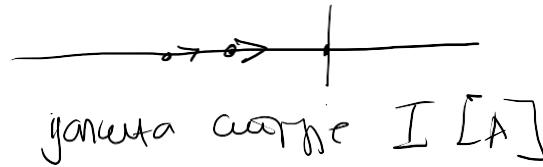


{ Зависимость от σ
 $J = \frac{I}{S} \left[\frac{A}{m^2} \right]$ определяет ток

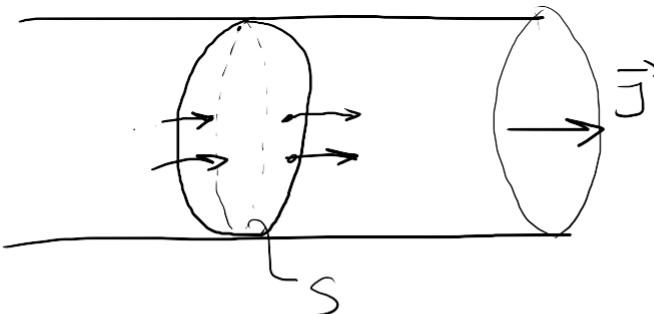


Зависимость от σ
 Нормальная сила $[\frac{N}{m}]$

Нормальная сила



ПРВИ КУРХОФОВ ЗАКОН



$$I = \int \vec{J} d\vec{S}$$

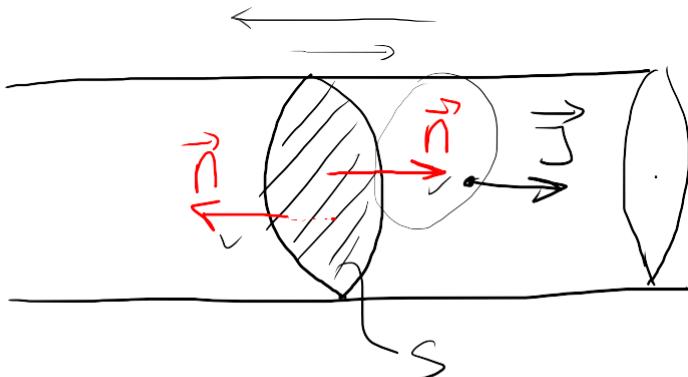
Δt
 S

$$I = \oint_S \vec{J} d\vec{S} = \emptyset$$

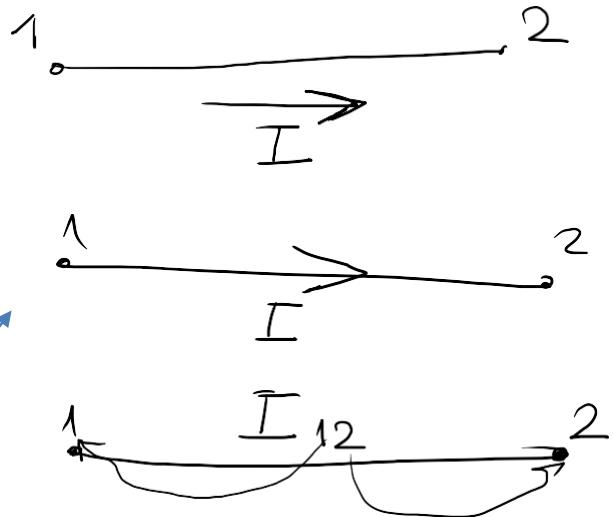
ЈЕ ДИНАМИЧНА
КОНТИНУИТЕТА

Наглашавају однос између Курхофовог закона

S obzirom da se makroskopsko kretanje i raspodela opterećenja ne menjaju, odатle sledi da tačno onoliko pozitivnih ili negativnih opterećenja koje uđe u površ S za vreme Δt mora iz nje i da izade. Ako to nebi bilo tako, došlo bi do stalnog porasta količine pozitivnih ili negativnih opterećenja u zatvorenoj površi S , pa bi se raspodela opterećenja menjala, zbog toga bi se menjalo i polje i onda ne bi struja bila vremenski konstantna. Iz toga zaključujemo da u slučaju **vremenski konstantnih struja** intenzitet struje kroz svaku zatvorenu površ mora biti jednak nuli.



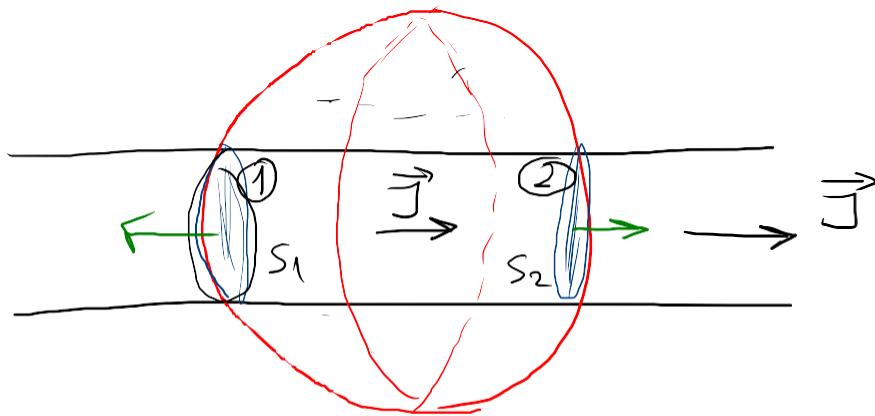
$$\vec{J} \cdot \vec{\Delta S} = J \cdot \Delta S \cos \theta \\ J \Delta S \cos \pi$$



podjednatom smjerom struje

Znak jačine struje kroz neki presek provodnika zavisi od proizvoljno odabranog smera normale na površ provodnika.

Jačina struje kroz presek nekog provodnika ima smisla samo ako je poznata „pozitivna“ normala na poprečni presek provodnika. Smer te „pozitivne“ normale naziva se **referentni smer struje**.



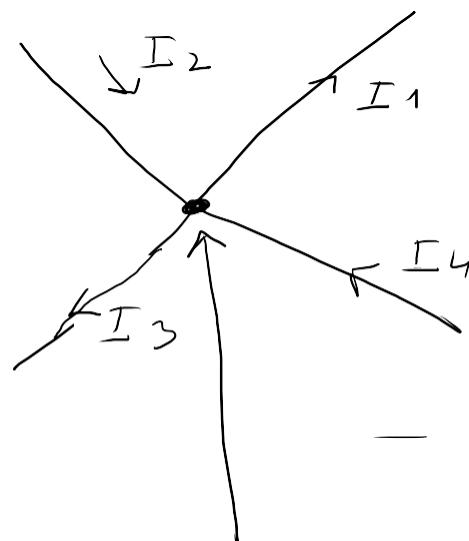
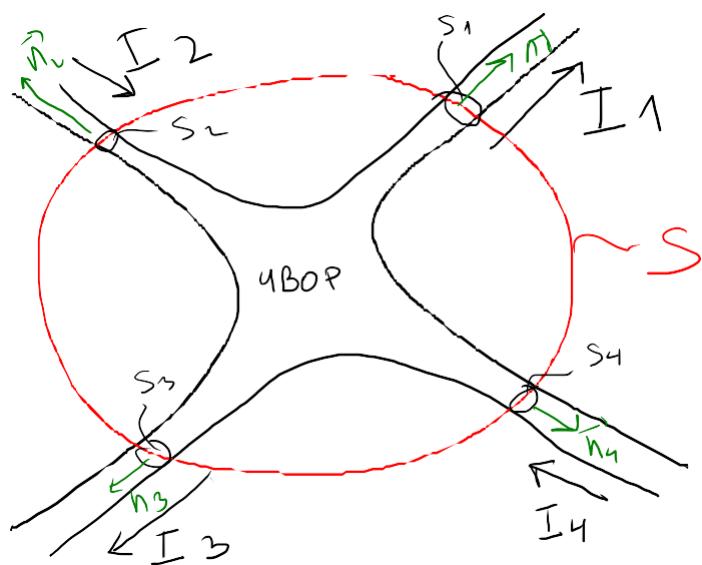
$$\oint \vec{J} d\vec{s} = 0 = \int_{S_1} \vec{J} d\vec{s} + \int_{S_2} \vec{J} d\vec{s} = -I_{\text{kroz } S_1} + I_{\text{kroz } S_2}$$

$$I_{\text{kroz } S_1} = I_{\text{kroz } S_2}$$

*Umetanjem ugašenje je ustan kroz
dani razdalju uvećaj*

Zbog toga umesto o jačini (intenzitetu) struje kroz neki presek provodnika, možemo da govorimo o intenzitetu struje kroz provodnik.

Jačina struje I naziva se *usmerena skalarna veličina*

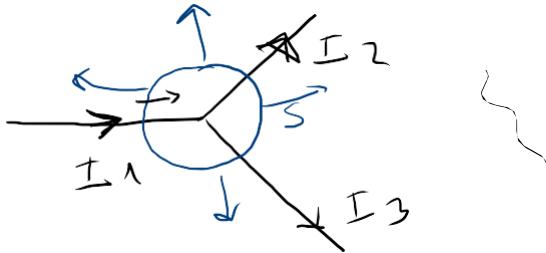


$$\oint_S \vec{J} d\vec{S} = \emptyset = \int_{S_1} \vec{J}_1 d\vec{S} + \int_{S_2} \vec{J}_2 d\vec{S} + \int_{S_3} \vec{J}_3 d\vec{S} + \int_{S_4} \vec{J}_4 d\vec{S}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = \emptyset$$

$$\sum_{k=1}^n I_k = \emptyset$$

"+" ода 4BOP
"-" ред 4BOP
R' оғ 4BOP

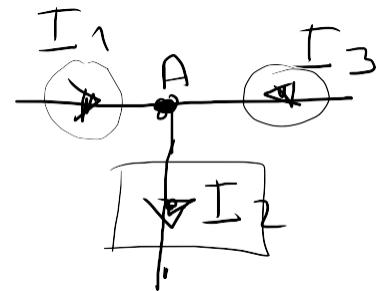


$$-I_1 + I_2 + I_3 = \phi$$

$\parallel -(-1)''$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = \phi$$



A: $I_1 + I_3 = I_2$

$$\sum_{k=1}^n I_k = \phi$$

$$\sum I_o = \sum I_i$$

- амперметр измеряет сумму токов



СПЕКИФИЧНА ПРОВОДНОСТ И СНЕГ. ОТПОРНОСТ

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

бант за неч. материјале

специфична
отпорност

$$\sigma \left[\frac{S}{m} \right] \text{ сименс по Марку}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{\sigma} \vec{J} = S \vec{J}$$

$$S = \frac{1}{\sigma} \text{ ам. отпорност}$$

$$\left[\Omega^{-1} m \right] \text{ ом-метар}$$

$$S_t = S_0 \left(1 + \alpha t \right)$$

станд. кооф.
стаб. отпорн.

температура

$$S_t = S_0 \left(1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 \right)$$

	$S_0 [S/m] \cdot 10^{-8}$	$\alpha \cdot 10^{-3}$	$\beta \cdot 10^{-6}$	$\gamma \cdot 10^{-9}$	
Al	2,62	4,46	1,8	0	$-80 \div 400 \text{ } ^\circ\text{C}$
Cu	1,558	4,27	0	0	$-80 \div 400$
Fe	8,53	7,257	9,63	0	$0 \div 600$
Ag	1,505	3,89	0	0	$-80 \div 400$

- аутервіногрим

0 K (-273,16 °C)

S Hahn waag

ондо \rightarrow 7,3 K

Барнек \rightarrow 4,38 K

Ихла \rightarrow 4,2 K

анумангум \rightarrow 1,14 K

Красносельск \rightarrow 102 K (-171 °C)

1911. Токуле

Ког суперіакт флогіна: $S = \emptyset \Rightarrow S \rightarrow \infty \Rightarrow$
я флогін є $E = \emptyset$

ГУСТИНА СИЛЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ ЕА. ЕНЕРГИЈЕ У ПРОВОДНИКУМУ ЈЕ ТОПЛОТУ

$$N, Q, \vec{Q} \rightarrow \vec{E}$$

$$\vec{Q} \rightarrow \vec{F}$$

$$Q \rightarrow \vec{F}$$

Δt -vremenski period izmedju dva sudara

$$Q \cdot \Delta t \Rightarrow \vec{F} \cdot \vec{l} = Q \cdot E \cdot Q \cdot \Delta t$$

у Δt ума $N \cdot \Delta V$

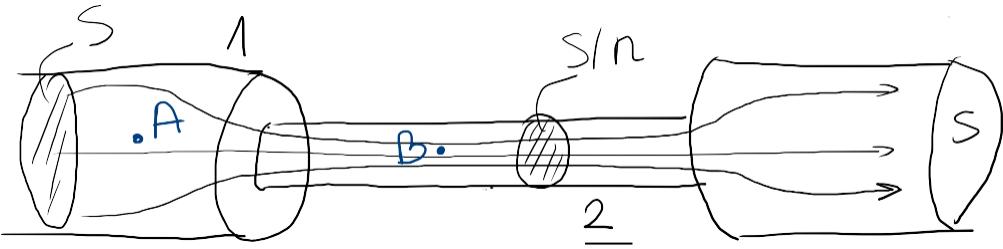
ЧУНОВ ЗАКОН ЗА
ТАЧКЕ СТРУЈНОГ
ПОДА

$$\Delta A_{el, sila} = Q \cdot E \cdot Q \cdot \Delta t \cdot N \cdot \Delta V = JE \Delta t \Delta V$$

$$\frac{\Delta A_{el, sila}}{\Delta t} = JE \Delta V = \Delta P \quad \text{снага он сима у запремину } \Delta V$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} = JE = JS = S J^2 \quad \text{запреминска струјна стече трансформације
ен енергије у теплоту}$$

Ovaj rad je izvršen pri ubrzavanju slobodnih nosilaca nanelektrisanja između uzastopnih „sudara“. Prema zakonu održanja energije ovaj rad je jednak energiji koja se u zapremini ΔV pretvorila u toplotu. Brzina vršenja tog rada je



I mora biti usto

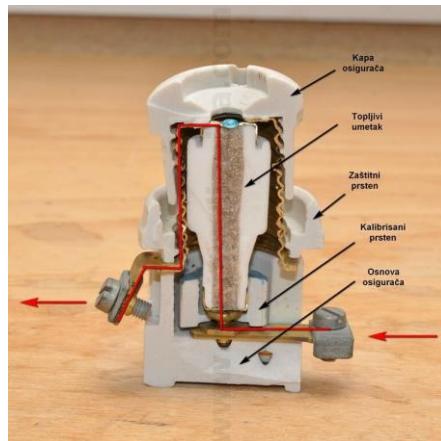
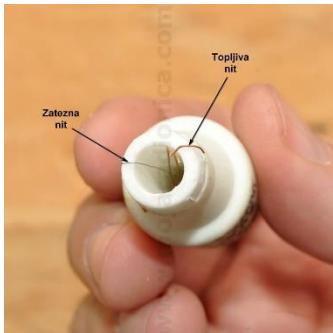
za mesto A: $J_1 = \frac{I}{S}$

za mesto B: $J_2 = \frac{I}{S/n} = \frac{nI}{S} = n J_1$

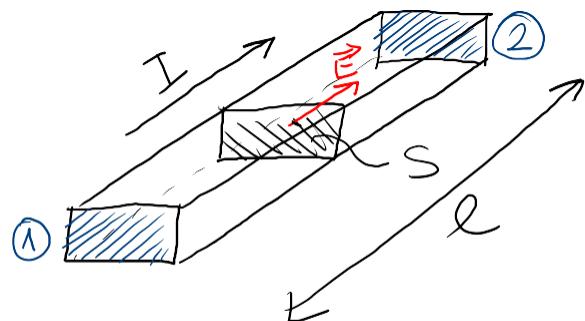
U mjestu A: $\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right)_A = SJ_1^2$ u mjestu B: $\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right)_B = SJ_2^2 = Sn^2 J_1^2$

Poštujući možnost da je jednako zamjensko u (2) je n^2 veća količina
kao u u (1).

gradijenti ostvarujući



ОТПОРНІСТЬ І ОМОВ ЗАКОН



Xomotat uplogutur:
 $\sigma = \text{const.}$
 $S = \text{const}$
 $J = \text{const.}$
 $E \propto \text{xomot}$

Онак мөнкүн мөнжесін uplogutra же
электролиттердегің көлемі.

$$U_{12} = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = E \int_1^2 dl = E \cdot l$$

$$\left. \begin{array}{l} E = S J \\ J = \frac{I}{S} \end{array} \right\} E = \frac{SI}{S} \Rightarrow U_{12} = \frac{S \cdot l}{S} I$$

$$\Rightarrow \boxed{U_{12} = R \cdot I}$$

ОМОВ ЗАКОН

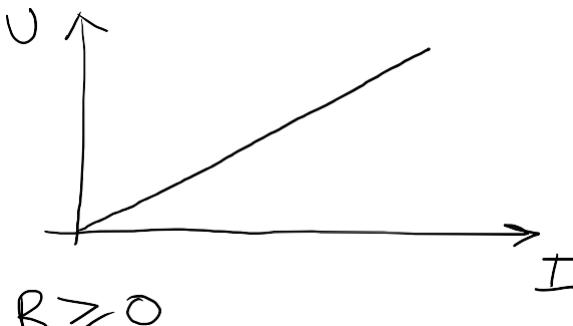
ало ж^{ip}
 $S, l, I \propto \text{const.}$

$$S \frac{l}{S} = \text{const.}$$

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

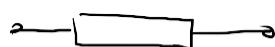
енекемде
аңызбас

$$U = RI \quad \text{Læren om resistans}$$

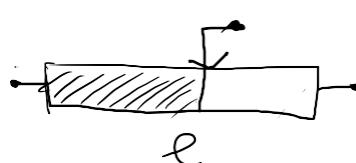


$$R \geq 0$$

$$R = \frac{U}{I} \quad \left[\frac{V}{A} = \Omega \right]$$



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



$$G = \frac{1}{R} \quad \text{opløsningen av resistans}$$

$$R \cdot G = 1$$

$$U = R \cdot I$$

$$I = G \cdot U$$

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

$$G \left[\frac{A}{V} = \frac{1}{\Omega} = S \right]$$

currents

Types of Resistors

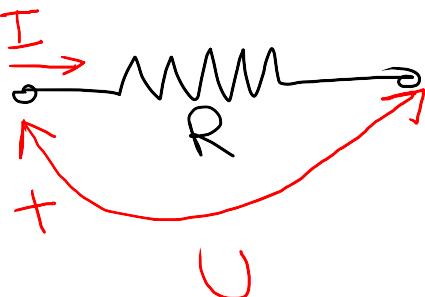


SUBSCRIBE

$$U = R I$$

за участников прав. азгре U и I

"+" Напряж. је удаљаје се од њега у правом



$$U = -R \cdot I$$

A hand-drawn circuit diagram. A horizontal line with open terminals represents a resistor labeled 'R'. A red arrow labeled 'I' points from the left terminal towards the right. A curved red line labeled 'U' starts at the left terminal, goes down and to the right, and ends at the right terminal. Below this diagram is the equation $U = -R I$.

$$R = S \frac{\ell}{S}$$

$S = \text{const.}$

S je fizikalna konstanta

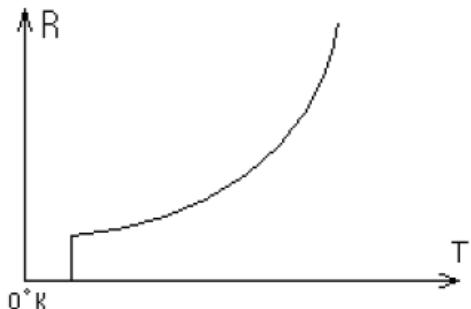
$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad \text{za manje vrednosti}$$



$$R(10^\circ\text{C}) \text{ i } R(20^\circ\text{C}) \quad \text{Mora ce biti jednak}$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3) \quad \text{za veliki vrednosti}$$

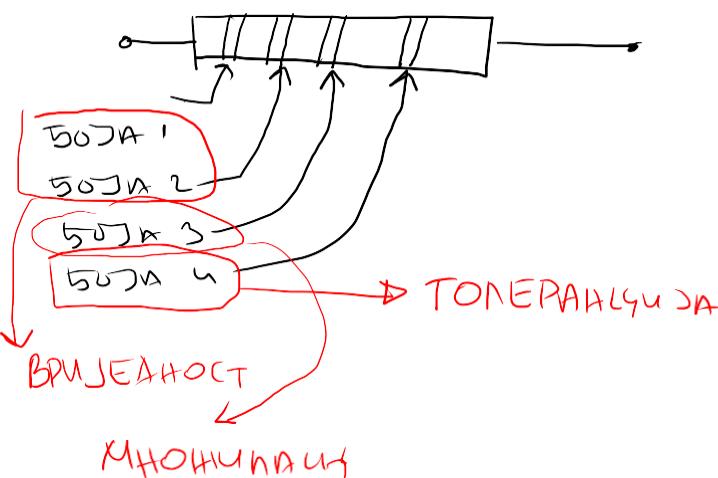
Ako je upologne konstante α i β radioaktivna konstanta, de se pojavljuje na kraj!



Zavisnost otpornosti od temperature kod superprovodnika

ОЗНАЧАВАНЕ ВРЕДНОСТИ ОТПОРНИКА

4 или 5 оператора



$$R = S \frac{\ell}{S}$$

$$R = 100 \Omega$$

$\beta, l, S \dots$

0,1 %

1 %

5 %

$100\Omega \pm 1\%$
АСИНХРОННА
ОТПОРНИК

$R_{min} < R < R_{max}$
многодюйм
отпорник

$$\left\{ \begin{array}{l} 99 \div 101 \\ \hline \end{array} \right.$$

2%, 5%, 10%

4-Band-Code

COLOR	1 ST BAND	2 ND BAND	3 RD BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10Ω	$\pm 1\%$ (F)
Red	2	2	2	100Ω	$\pm 2\%$ (G)
Orange	3	3	3	$1K\Omega$	
Yellow	4	4	4	$10K\Omega$	
Green	5	5	5	$100K\Omega$	$\pm 0.5\%$ (D)
Blue	6	6	6	$1M\Omega$	$\pm 0.25\%$ (C)
Violet	7	7	7	$10M\Omega$	$\pm 0.10\%$ (B)
Grey	8	8	8	$100M\Omega$	$\pm 0.05\%$
White	9	9	9	$1G\Omega$	
Gold				0.1Ω	$\pm 5\%$ (J)
Silver				0.01Ω	$\pm 10\%$ (K)

0.1%, 0.25%, 0.5%, 1%

5-Band-Code

$237 \Omega \pm 1\%$



ПРВА ЦИФРА
Боја највећи амплификација

ДРУГА ЦИФРА
Боја гроњи амплификација

МНОЖИЦА
Боја највећи амплификација

ЦРНА	0	0	$\times 1$
БРАОН	1	1	$\times 10$
КРВЕНА	2	2	$\times 100$
НАРАНЧИ.	3	3	$\times 1000$
ИЈУТА	4	4	$\times 10000$
ЗЕЛЕНА	5	5	$\times 100000$
ИЛАВА	6	6	$\times 1000000$
ХУБУЧЧАСТВА	7	7	$\times 10000000$
СУБА	8	8	$\times 100000000$
СУЈЕНА	9	9	$\times 1000000000$

ТОЛЕРАНЦИЈА
Боји којима је уређена

БРАОН

КРВЕНА

НАРАНЧИКА

СРЕБРНА

1%

2%

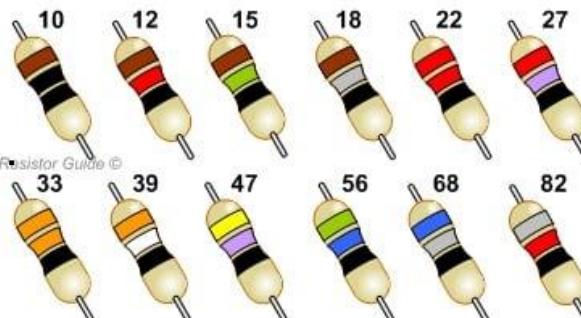
5%

10%

20%

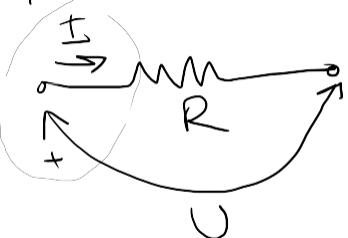


Ијута, буџасма, нарочитасма и зракаша: $47 \times 1000 \text{ Si.} = 47 \text{ k}\Omega \pm 5\%$



Seriје E12, E24, E96...

ЛУНОВ ЗАКОН



$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow dQ = I dt$$

$$Q = \int dQ = \int I dt = I \cdot t$$

$$\text{Алсила} = Q \underbrace{\int \vec{E} \cdot d\vec{l}}_Q = Q \cdot U = U \underbrace{I t}_Q$$

То залог ограничения
и энергии:

$$W = UIt = RIIIt = RI^2t \\ = \frac{U^2}{R} t$$

Берем за базу ограничения
энергии и ограничения тока.

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

Сила ограничения
(или максимальная мощность)

$$P = GU^2 = \frac{I^2}{G} [W] \quad 1 \text{ кДж} = 4,186 \text{ Дж}$$

$$W = P \cdot t [J] \quad 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$