

Regionalni centar iz prirodnih i tehničkih nauka u Vranju

„ELEKTRIČNA STRUJA U ČVRSTIM PROVODNICIMA“

AUTORI:

**PROKIĆ SANDRA, učenica 2.razreda Gimnazije “Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član
fondacije darovitih “Hristifor Crnilović-Kica“**

**TAKIĆ ALEKSANDRA, učenica 2.razreda Gimnazije “Stevan
Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih “Hristifor Crnilović-Kica“**

MENTOR:

VELJKOVIĆ MAJA, profesor fizike

„ELEKTRIČNA STRUJA U ČVRSTIM PROVODNICIMA“

AUTORI:

SANDRA PROKIĆ, učenica 2.razreda Gimnazije “Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih “Hristifor Crnilović-Kica“

ALEKSANDRA TAKIĆ, učenica 2.razreda Gimnazije “Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih “Hristifor Crnilović-Kica“

MENTOR:

MAJA VELJKOVIĆ, prof.fizike

REZIME:

Električna struja je usmereno kretanje naelektrisanja. Jedinica za električnu struju u SI sistemu je **amper(A)**. Amper je jednak protoku jednog kulona elektriciteta u sekundi.

KLJUČNE REČI:

Električna struja, električni otpor, jačina struje, elektrometar, strujno kolo.

SUMMARY:

Electricity is directed movement of charge. Unit for electricity in SI sistem is ampere(A). Ampere is equal flow one coulomb electricity in second.

KEY WORDS:

Electricity, electrical resistance, amperage, electrometer, circuit.

LISTA SIMBOLA

Q-količina naelektrisanja

I-jačina električne struje

R-spoljašnji otpor

r –unutrašnji otpor

U-napon

λ -specifični otpor

l-dužina

S-površina poprečnog preseka

UVOD

Život savremenog čoveka ne bi se mogao zamisliti bez korišćenja električne struje. Električna struja je omogućila jeftiniju proizvodnju, brži i ugodniji saobraćaj, kosmičke letove i skoro trenutno prenošenje informacija (slike i zvuka) na ogromna rastojanja. Da bismo dali odgovor na pitanje šta je električna struja, koristimo znanje o električnom polju i strukturi supstancije. Ovom prilikom razmatraćemo prirodu električne struje u čvrstim provodnicima kao i razne efekte i primenu električne struje.

USLOV NASTAJANJA ELEKTRIČNE STRUJE

U odnosu na električnu provodljivost, čvrsta tela se dele na provodnike, poluprovodnike i izolatore ili dielektrike.

Metali imaju kristalnu gradju. U čvorovima kristalne rešetke metala se nalaze pozitivni joni, to jest atomi kojima nedostaje jedan ili više elektrona. Pozitivni joni su praktično nepokretni. Oni su "pričvršćeni" za svoje položaje u metalu - jedino mogu da osciluju oko svojih ravnotežnih položaja (čvorova kristalne rešetke). Pošto ne mogu da se kreću oni ne mogu biti nosioci električne struje. Kada se atomi povezuju u kristalnu rešetku oni obrazuju svoje veze pomoću elektrona iz svojih omotača. Kod metala, međutim, valentni elektroni nisu u vezi pa mogu da se slobodno kreću kroz metal. Zato su to slobodni elektroni. Dakle, nosioci električne struje u metalnim provodnicima su slobodni elektroni.

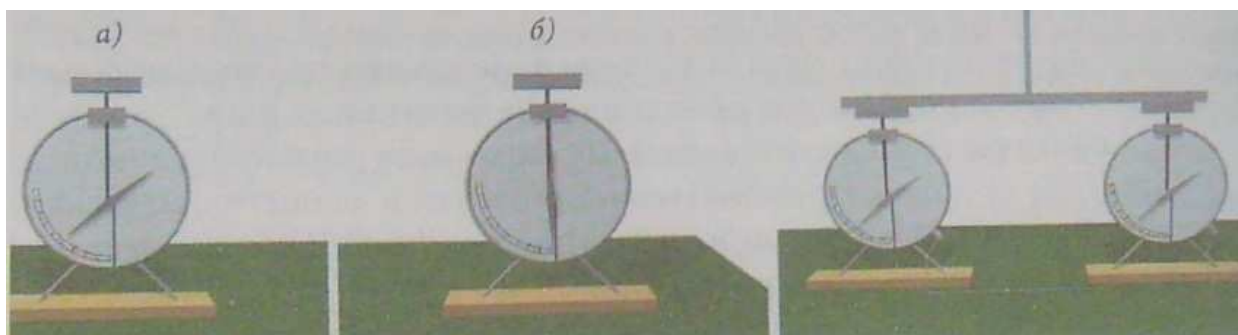
Koncentracija slobodnih elektrona (njihov broj u jedinici zapremine) zavisi od valentnosti metala. Kod jednovalentnih na svaki atom dolazi po jedan slobodan elektron, kod dvovalentnih dva slobodna elektrona, kod trovalentnih tri i tako dalje. Koncentracija slobodnih elektrona u metalu je reda veličine 10^{28} po kubnom metru. Od svih supstancija metali imaju najveću koncentraciju slobodnih elektrona pa su zato oni najbolji provodnici električne struje. Za slobodne elektrone u metalima često se koristi naziv elektronski gas jer ih možemo uproščeno posmatrati kao čestice koje se haotično kreću kroz prostor između pozitivnih jona u kristalnoj rešetki metala. Supstancije koje imaju malu koncentraciju slobodnih elektrona spadaju u **izolatore** ili **dielektrike**.

Pored provodnika i izolatora postoje i poluprovodnici. Opšte svojstvo poluprovodnika je naglo povećanje njihove provodljivosti pod uticajem nekih spoljašnjih faktora kao što su temperatura, osvetljenost, pritisak i drugo.

Slobodni elektroni u metalima kreću se haotično. Oni se sudaraju sa jonima kristalne rešetke, neprestano menjajući intenzitet brzine i pravac kretanja. Ovakvo haotično kretanje elektrona u kristalnoj rešetki metala se ne može nazvati električnom strujom. Uslov za nastajanje električne struje je da postoji protok elektrona, što podrazumeva usmereno kretanje slobodnih elektrona. To se može postići delovanjem sile električnog polja duž provodnika. Delovanjem sile električnog polja svaki elektron u provodniku stiče komponentu brzine u pravcu te sile. Na taj način kretanje elektrona postaje uređeno i u provodniku se javlja **električna struja**.

ELEKTRIČNI NAPON I ELEKTROMOTORNA SILA, KOLO STRUJE

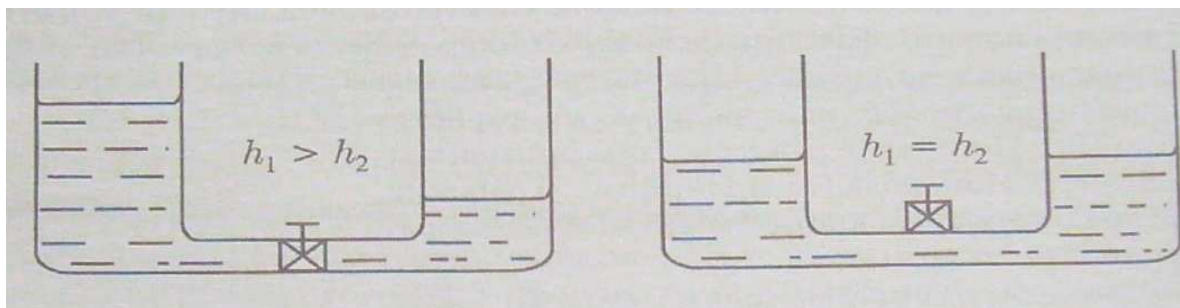
Pojava električne struje može se demonstrirati ogledom prikazanim na slici:



Slika 1-Elektrometar

Elektrometar a) se naelektriše a zatim se naelektriše a zatim se provodnikom poveže njegova unutrašnja elektroda sa unutrašnjom elektrodom nanaelektrisanog elektrometra b). Pomeranje kazaljke oba elektrometra potvrđuje pojavu električne struje. Na osnovu toga zaključujemo da su naelektrisane čestice kroz provodnik prešle sa jednog na drugi elektrometar, odnosno da je u kolu za kratko vreme uspostavljena **električna struja**.

Dobijena električna struja u opisanom ogledu je kratkotrajna. Nakon spajanja elektrometra izjednačava se potencijal odnosno iščezava električno polje u provodniku a time prestaje i da teče električna struja. Ovde vidimo analogiju sa kretanjem jedne tečnosti u spojenim sudovima. Čim se nivoi u spojenim sudovima izjednače, prestaje kretanje tečnosti.



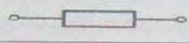
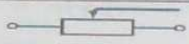

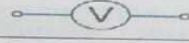
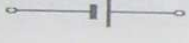


Slika 2-Analogija sa kretanjem jedne tečnosti u spojenim sudovima

Da bi električna struja postojala u provodniku duže vreme, neophodno je nadoknađivati naelektrisanje elektrometra, to jest između elektrida elektrometra mora da postoji stalna **razlika potencijala** ili **napon**. U tehnici i praksi, električno polje se uspostavlja i može duže vreme da se održi pomoću **izvora električne struje**. U izvorima električne struje se odvijaju procesi koji dovode do razdvajanja pozitivno naelektrisanih čestica od negativno naelektrisanih čestica. Razdvojene naelektrisane čestice dospevaju na određene delove izvora koji se nazivaju **polovima električnog izvora**, obrazujući između njih razliku električnih potencijala. Ova razlika potencijala je karakteristika svakog izvora struje i naziva se **elektromotorna sila izvora**. Razdvajanje naelektrisanih čestica unutar izvora je rad koji se izvršava na račun mehaničke, hemijske ili unutrašnje energije. Dakle, zaključujemo: **Elektromotorna sila izvora je brojno jednaka radu koji je potreban za prenošenje jediničnog pozitivnog naelektrisanja od negativnog do pozitivnog pola izvora.**

Jedinica za elektromotornu silu izvora je volt (V), kao i za razliku potencijala odnosno napon. Ipak, treba voditi računa da elektromotorna sila nije isto što i napon. Kad polovi izvora nisu spojeni, njihova razlika potencijala ima istu vrednost kao i elektromotorna sila tog izvora. Čim se polovi izvora spoje spoljašnjim provodnikom, napon na polovima se smanjuje dok elektromotorna sila ima istu vrednost, tako da ove dve veličine više nisu jednake.

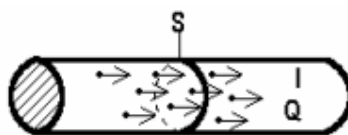
Između polova nekog izvora mora da se nalazi neki provodnik kroz koji će proticati električna struja. Ova veza se naziva **kolo struje**. Kad se ta veza prekine kažemo da je kolo struje otvoreno, a kad se ta veza uspostavi onda je kolo struje zatvoreno. Otvaranje i zatvaranje strujnog kola vrši se pomoću **prekidača**.

Симбол	Елемент електричног кола једносмерне струје	Ознака
	сијалица (потрошач)	S
	прекидач	P
	сталан отпорник	R
	променљив отпорник	R
	амперметар	A
	волтметар	V
	извор једносмерне струје	

Slika 3-Tabela sa međunarodnim simbolima i oznakama za osnovne elemente strujnog kola

JAČINA I GUSTINA ELEKTRIČNE STRUJE

Kada bismo mogli posmatrati kako elektroni prolaze kroz poprečni presek metalnog provodnika, videli bismo da je struja jača ukoliko više elektrona prođe kroz posmatrano mesto u jedinici vremena. Količina elektriciteta koja prođe kroz poprečni presek cevi u jedinici vremena naziva se **jačina električne struje**.



Slika 4-Transport naelektrisanja kroz provodnik

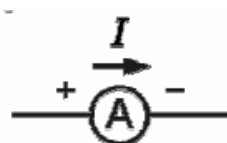
Ako npr. sijalica jače svetli, smatramo da je protekla jača struja. Iz ovog možemo zaključiti da dejstvo električne struje zavisi od broja elektrona koji proteknu kroz posmatranu površinu provodnika. Dakle, **jačina električne struje predstavlja količinu naelektrisanja Q koja, kroz ma koji poprečni presjek provodnika, protekne za vrijeme jedne sekunde, to jest:**

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

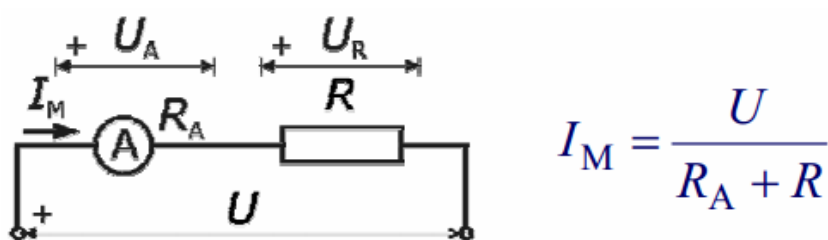
Jedinica za jačinu električne struje je amper (A), u čast granskog fizičara Ampera.

Jačina struje je skalarna fizička veličina ali joj se prepisuje smer zbog efekta koji ona proizvodi. Smer kretanja elektrona se ne poklapa sa smerom električnog polja već ima suprotan smer. Stoga je dogovorom utvrđeno da se pod smerom struje podrazumeva smer u kome bi se pri datim uslovima u provodniku kretale pozitivno naelektrisane čestice. To je smer od višeg ka nižem potencijalu. Ovo je takozvani **tehnički smer struje**.

Instrumenti za merenje jačine struje zovu se **ampermetri**.



Znak + označava priključak koji treba da bude na višem potencijalu, da bi skretanje kazaljke bilo u predviđenom smeru. Ampermetar se u kolo vezuje **redno**, da bi sva struja koja se meri protekla kroz njega. Važna karakteristika je unutrašnja otpornost R_A ; deo kola sa priključenim ampermetrom:



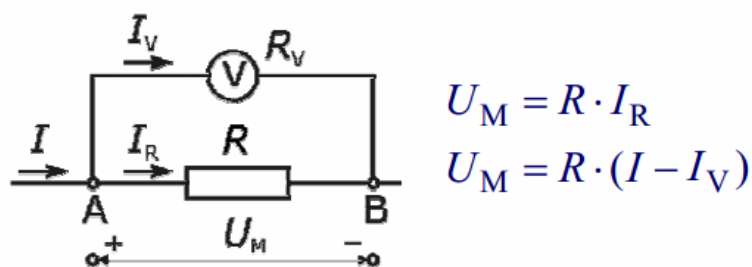
Slika 5-Redna veza ampermetra

Instrumenti za merenje napona električne struje se nazivaju **voltmetri**.



Struja ima smer od kraja na višem potencijalu ka kraju na nižem potencijalu.

Voltmetar se u kolo vezuje **paralelno**.



Slika 6-Paralelno vezivanje voltmetra

Značajna je još jedna kvantitativna veličina električne struje koja se naziva gustina električne struje. Ako sa S označimo poprečni presek provodnika a jačinu struje sa I , onda se gustina električne struje definiše kao:

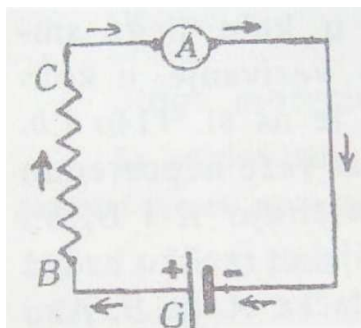
$$J = \frac{I}{S}$$

Jedinica gustine električne struje na osnovu njene definicije $\frac{A}{m^2}$ dok se u praksi koristi $\frac{A}{mm^2}$.

ELEKTRIČNI OTPOR

Pošto je elektromotorna sila uzrok kretanja elektriciteta, razumljivo je da jačina struje u kolu zavisi od elektromotorne sile. Iskustvo pokazuje da pri istoj elektromotornoj sili jačina struje može imati različite vrednosti, što zavisi od samog provodnika. Uzrok tome je što elektroni pri kretanju kroz provodnik prolaze između njihovih atoma, pa gube jedan deo svoje energije.

Kazemo da struja savladava neki otpor. Ovaj otpor se naziva **električni otpor**. On zavisi od svojstava provodnika pa možemo reći: **Uzrok zbog kog jačina struje pri istoj potencijalnoj razlici ima različite vrednosti nazivamo električnim otporom**. Da bismo ispitali od čega zavisi električni otpor izvešćemo sledeći ogled:



Slika 7-Vezivanje metalne žice u strujnom kolu-merenje jačine struje

U spoljašnje kolo izvora struje G vežemo ampermetar A i metalnu zicu BC od konstantana. Ampermetar će pokazati određenu jačinu struje. Ako umesto žice BC stavimo drugu žicu, koja je od istog materijala i istog poprečnog preseka, ali dva puta veće dužine ampermetar je pokazati jačinu struje $\frac{I}{2}$. Dakle, dva puta duža žica oslabila je struju tako da je njena jačina postala dva puta manja. Jačina struje će takođe biti dva puta manja i ako u kolo struje vežemo žicu od istog materijala, iste dužine ali dva puta manjeg poprečnog preseka.

Na osnovu svega izloženog, ako otpor provodnika označimo sa R, njegovu dužinu sa l i njegov poprečni presek sa S, otpor možemo izraziti obrascem:

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

gde je ρ konstanta koja zavisi od vrste materijala.

Prema tome možemo reći: **Otpor nekog provodnika srazmeran je njegovoj dužini a obrnuto srazmeran poprečnom preseku provodnika ali zavisi i od prirode materijala od kog je provodnik napravljen.** Jedinica za otpor struje je jedan om (Ω) koji odgovara otporu živinog konca dužine 106,3cm, poprečnog preseka 1mm^2 , na 0° celzijusove skale.

Ako u obrazac (3) stavimo da je $l=1\text{m}$ i $S=1\text{mm}^2$ onda izlazi da je $R=\rho$. Pošto vrednost tog otpora zavisi od prirode materijala, potrebno je da se ta vrednost odredi za svaki materijal posebno. Zbog toga vrednost ρ nazivamo specifičnim otporom. Stoga možemo reći: **Specifičan otpor jeste onaj otpor izrađen u omima koji daje provodnik od nekog materijala dužine 1m i poprečnog preseka 1mm^2 .** Jedinica za specifični otpor je ommetar (Ωm). U tehnici se koristi recipročna vrednost specifičnog otpora i naziva se specifična provodljivost.

$$\lambda = \frac{1}{\rho};$$

Materija	Specifični otpor u omima	Specifična provodljivost u omima	Materija	Specifični otpor u omima	Specifična provodljivost u omima
Liskun	$5 \cdot 10^{16}$	$0,200 \cdot 10^{-16}$	Cink	0,0600	17
Pečatni vosak	$8 \cdot 10^{15}$	$0,125 \cdot 10^{-15}$	Volfram	0,0530	18,8
Staklo	$3 \cdot 10^{13}$	$0,333 \cdot 10^{-13}$	Aluminijum	0,0270	37
Ugalj	40—60	0,025—0,017	Zlato	0,0220	46,4
Grafit	20—100	0,05—0,01	Bakar	0,0175	57
Bizmut	1,180	0,84	Srebro	0,0158	63,3
Živa	0,954	1,05	Mesing (66% Cu + 34% Zn)	0,0630	15,8
Olovo	0,113	8,8	Manganin (84% Cu + 12% Mn + 4% Ni)	0,3900	2,6
Platina	0,108	9,3	Nikelin (62% Cu + 20% Zn + 18% Ni)	0,4200	2,4
Ovožđe	0,100—0,150	10—7	Konstantan (60% Cu + 40% Ni)	0,4700	2,1
Niki	0,0730	13,7	Hromniki (80% Ni + 20% Cr)	1,0500	0,95

Slika 8- Specifična otpornost i provodljivost nekih materijala na 18°C

Iz tabele vidimo da su najbolji provodnici srebro i bakar dok su liskun i staklo vrlo rđavi provodnici. U elektrotehnici se prave provodnici od bakra jer je njegova provodljivost malo manja od srebra, dok je njegova cena mnogo manja. Žice sa velikim otporom se koriste kod reostata i električnih aparata za zagrevanje, jer oslobađaju najviše toplote shodno Džul-Lencevom zakonu.

OMOV ZAKON

Nemački fizičar Om je zapazio da kod električne struje treba razlikovati tri veličine: elektromotornu silu, jačinu struje i električni otpor provodnika. On je na osnovu ogleda 1827. godine utvrdio odnos ovih triju veličina. To je osnovni zakon elektrokinematike koja se naziva Omov zakon. Na osnovu rezultata eksperimenata Om je zaključio: **Jačina struje u provodniku srazmerna je naponu koji vlada na krajevima tog provodnika a obrnuto srazmerna električnom otporu.**

$$\frac{U}{R} = I \quad (5)$$

Ovako izražen Omov zakon predstavlja **Omov zakon za deo strujnog kola.**

2) Omov zakon za celo strujno kolo

Upoznali smo Omov zakon za deo strujnog kola. Taj deo kola u najprostijem slučaju element je strujnog kola u čijem sastavu se nalazi i izvor struje. Jačina električne struje u provodniku zavisi stoga od elektromotorne sile izvora i ukupnog otpora svih provodnika (otpornika, potrošača) u električnom kolu. Zavisnost jačine struje od elektromotorne sile izvora i ukupnog otpora svih provodnika u kolu, određuje se na osnovu **Omovog zakona za celo strujno kolo.**

Posmatramo najjednostavnije zatvoreno električno kolo, koje se sastoji od izvora električne struje (elektromotorne sile E i unutrašnjeg otpora r) i spoljašnjeg provodnika R . Naime, pored otpora koji se javlja u spoljašnjem delu kola, postoji i unutrašnji otpor koji se javlja u samom izvoru struje, jer i kroz njegovu unutrašnjost protiče struja. Prema tome, ako ukupan otpor označimo sa R_e , možemo pisati:

$$R_e = R + r ; \dots (6)$$

Stoga, s obzirom na obrazac (5), Omov zakon za celo strujno kolo možemo izraziti:

$$I = \frac{E}{R + r} \quad \dots (7)$$

Jednačinu (7) dalje možemo napisati u obliku:

$$E = IR + Ir ; \dots (8)$$

Iz poslednje jednačine vidimo da je veličina elektromotorne sile u nekom izvoru kada je kolo zatvoreno jednaka zbiru izgubljenih napona IR u spoljašnjem kolu i Ir u unutrašnjem kolu, to jest u samom izvoru struje. Prema tome na svaki provodnik zatvorenog kola struje dolazi

samo jedan deo ukupne elektromotorne sile izvora. Iz jednačine (8) dobijamo da je veličina napona u spoljašnjem kolu jednaka:

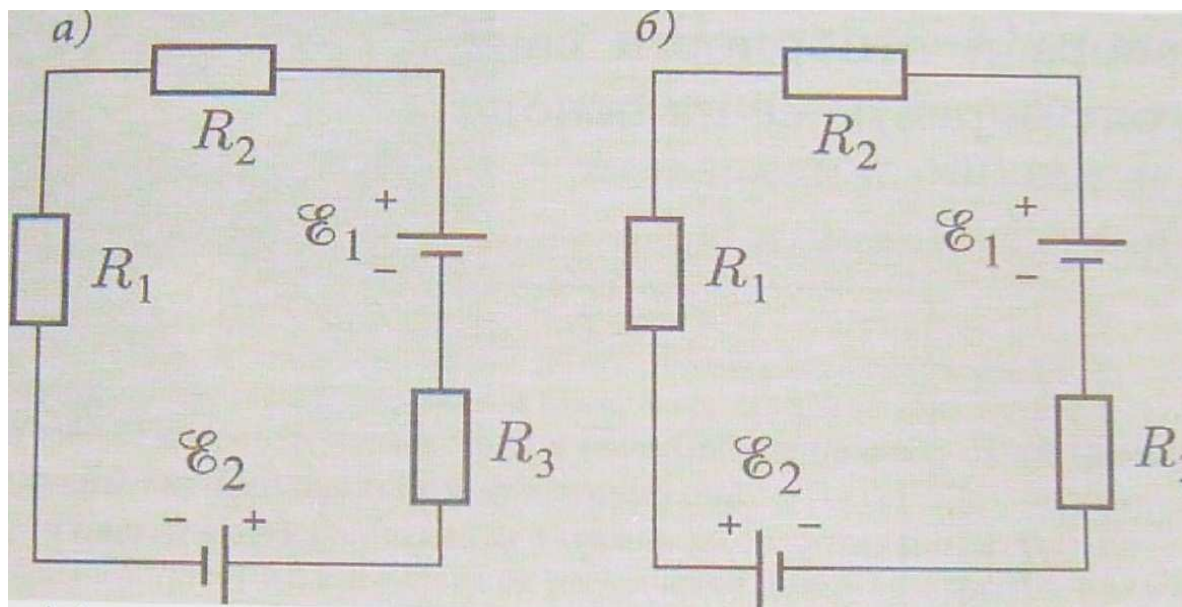
$$U=IR=E-Ir \dots(9)$$

Kao što vidimo zbog gubitaka napona Ir u izvoru struje, napon u spoljašnjem kolu je uvek manji od elektromotorne sile izvora. To znači da je napon između polova opterećenog izvora struje pokazuje koliki je napon između polova tog izvora kad je on opterećen. Prema tome, Voltmetar ne pokazuje tačnu vrednost elektromotorne sile izvora, jer i u slučaju da je otpor voltmetra vrlo mali, ipak je napon u spoljašnjem kolu manji od elektromotorne sile zbog gubitka napona u unutrašnjosti izvora struje. Stoga, samo kad je unutrašnji otpor izvora vrlo mali, a voltmetar za svoje opterećenje treba struju male jačine, vrednost napona U na polovima izvora biće približno jednak elektromotornoj sili:

$$E \approx U ; \dots (10)$$

Stoga se za merenje elektromotorne sile koriste **elektrometri**.

U nerazgranatom strujnom kolu može da bude veći broj provodnika i izvora za razliku od prethodnog slučaja.



Slika 9-Strujne konture, primena Kirhofovih pravila

Tad je jačina struje u kolu srazmerna algebarskom zbiru svih elektromotornih sila u kolu a obrnuto srazmerna zbiru svih otpornosti provodnika u kolu. Algebarski zbir znači da se svakoj elektromotornoj sili pripisuje znak + ili - ,zavisno od toga kako su vezani izvori u kolu. Ako je pozitivan pol jednog izvora vezan za negativan pol drugog izvora(slika pod a),onda obe elektromotorne sile imaju znak +,pa se za to kolo može pisati:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

Ako je pozitivan pol jednog vezan za pozitivan pol drugog(slika pod b),onda se jednoj elektromotornoj sili pripisuje znak – a drugoj +. Za to kolo možemo pisati:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

U ovom slučaju smer struje se poklapa sa smerom struje izvora koji ima veću elektromotornu silu,odnosno sa smerom struje kad bi u kolu postojao samo taj ozvor.

Zaključak:

Živimo u vremenu kada tehnika nalazi značajnu primenu u svim oblastima ljudskog života. Za svu tu tehniku, koju čovek danas koristi potrebna je električna energija kao pogonsko sredstvo. Savremeni život čoveka se ne može zamisliti bez korišćenja električne energije. Ona ima primenu u industriji, poljoprivredi, rudarstvu, saobraćaju, domaćinstvu i dr. Električnom energijom se pokreću motori, spajaju metali, osvetljavaju stanovi i ulice, radne prostorije, pokreću trolejbusi, tramvaji, vozovi, omogućuje prenošenje vesti i drugih informacija putem telefona, radija, televizije, interneta.

Literatura

1) *“Fizika za drugi razred gimnazije prirodno-matematički smer”*

2) www.wikipedia.org

3) www.answers.com

4) www.betterexplained.com