

## Vježba 1.

### MJERENJE ELEKTRIČNOG KAPACITETA ELEKTROMETRA

Sposobnost vodiča da primi neku količinu električnog naboja nazivamo električnim kapacitetom. Količina naboja na nekom vodiču je proporcionalna potencijalu na kojem se taj vodič nalazi

$$Q=C \cdot V$$

Konstanta proporcionalnosti C je električni kapacitet tog vodiča. Jedinica električnog kapaciteta u međunarodnom sustavu jedinica (SI), dobijena iz dimenzijske jednadžbe

$$[C] = \frac{[Q]}{[V]}$$

je farad (F).

$$1F = \frac{1C}{1V} = \frac{1As}{1V}$$

### Kapacitet izolirane vodljive kugle

Kao što je poznato, potencijal U izolirane vodljive kugle polumjera R, nabijene količinom naboja Q, koja se nalazi u praznom prostoru, dan je izrazom

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$$

S obzirom da je prema definiciji električnog kapaciteta količina naboja na nekom izoliranom vodiču dana umnoškom kapaciteta C i potencijala U, dakle

$$Q=C \cdot U$$

uspoređivanjem posljednjih dviju relacija za kapacitet izolirane vodljive kugle u praznom prostoru dobijamo

$$C=4\pi\epsilon_0 R$$

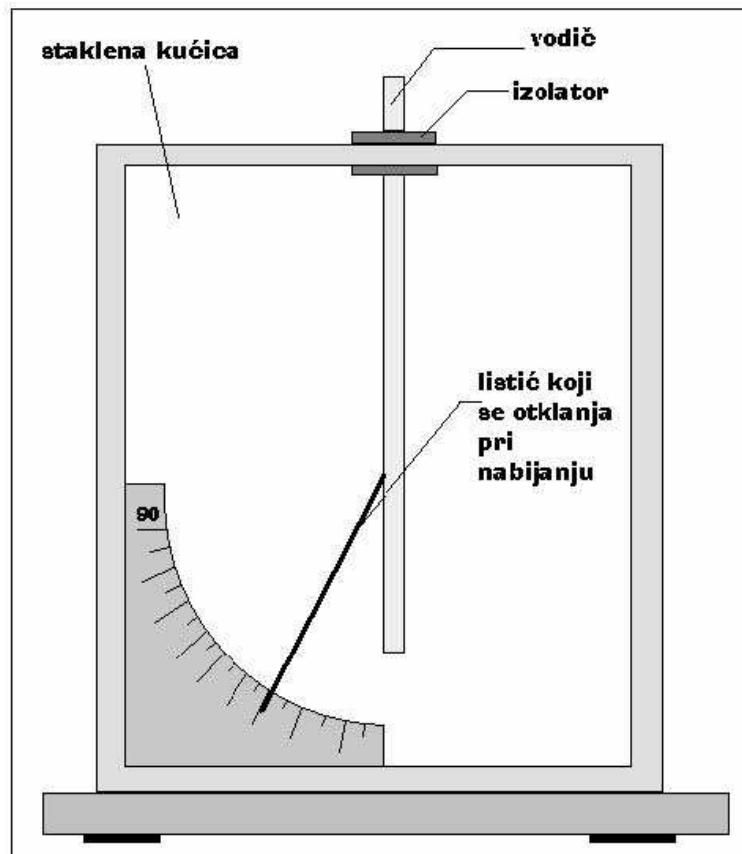
### Kapacitet elektrometra

Za ispitivanje svojstava električki nabijenih tijela i mjerenje količine električnog naboja služi uređaj koji se naziva elektrometar. U osnovi, elektrometar se sastoji od jednog vodiča na čijem je donjem kraju obješen tanak metalni listić, koji pod utjecajem svoje težine visi priljubljen uz vodič. Gornji kraj vodiča obuhvaćen je dobrim izolatorom kojim je učvršćen za kućicu u koju je zatvoren donji kraj vodiča s listićem (slika 1). Kućica se izrađuje u kombinaciji različitih materijala i stakla, tako da se kroz staklene

stijenke može promatrati listić.

Prilikom mjerenja kućicu elektrometra valja uzemljiti.

Dovede li se na vodič elektrometra neka količina naboja, taj će se naboj rasporediti na vodič i listić, pa će se listić otkloniti zbog sile koja djeluje među istoimenim nabojima. Kut otklona će biti razmjeran količini naboja dovedenoj na vodič i listić. Količina naboja na elektrometru jednaka je umnošku kapaciteta elektrometra i potencijala na kojem se vodič elektrometra nalazi (u odnosu na potencijal uzemljene kućice, za kojeg smatramo da je jednak nuli jer se uzima da je potencijal Zemlje jednak nuli).



Slika 1. Elektrometar<sup>1</sup>

Zbog toga će otklon listića biti razmjeran i potencijalu na kojem se nalaze vodič i listić, pa je skala na kojoj se očitava otklon listića ponekad baždarena u jedinicama potencijala, dakle, voltima.

## PRIBOR

Elektrometar, stakleni i/ili plastični štap, krznena krpa, nekoliko kugli od različitih vodljivih materijala i različitih polumjera, pomična mjerka.

## ZADATAK

Iz podataka dobijenih nabijanjem elektrometra uz pomoć štapa, te potom izbijanjem uz pomoć svake od kugli izračunati kapacitet zadanog elektrometra.

<sup>1</sup>

Sliku izradio Petar Stipanović.

## TIJEK RADA

Naboj na elektrometar dovodimo tako da vrh njegovog vodiča dotaknemo štapom kojeg smo prethodno električki nabili trljajući ga krznenom krpom.

Nabije li se elektrometar nekom količinom naboja  $Q$ , listić će se otkloniti za neki kut  $\alpha_e$ , koji odgovara potencijalu  $U_e$ . Ako je kapacitet elektrometra  $C_e$ , onda je količina naboja  $Q$  na elektrometru jednaka

$$Q = C_e U_e$$

Ovako nabijen elektrometar dotakne se vodljivom kuglom na **izoliranom dršku**. Naboj  $Q$  s elektrometra rasporedit će se na kuglu i elektrometar tako da će biti

$$Q = (C_e + C_r) U_r$$

gdje je  $C_r$  kapacitet kugle, a  $U_r$  potencijal kojeg pokazuje listić otklonjen za kut  $\alpha_r$ . Kombinacijom posljednjih dviju relacija izlazi

$$C_e = C_r \frac{U_r}{U_e - U_r}$$

ili zbog razmjernosti potencijala i kuta otklona listića elektrometra ( $U \sim \alpha$ ):

$$C_e = C_r \frac{\alpha_r}{\alpha_e - \alpha_r}$$

Polumjer kugle  $r$  izmjeri se pomičnom mjerkom, te se iz tog podatka može izračunati njezin kapacitet

$$C_r = 4\pi\epsilon_0 r$$

Uvrstimo li posljednju u pretposljednju relaciju, za kapacitet elektrometra izlazi:

$$C_e = 4\pi\epsilon_0 r \frac{\alpha_r}{\alpha_e - \alpha_r}$$

(Dielektrična konstanta vakuuma iznosi  $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ .)

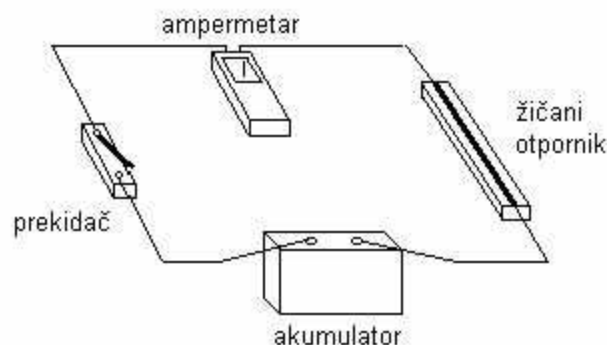
## PITANJA

1. Objasniti vjerojatne uzroke nepreciznosti rezultata mjerenja i razlike u rezultatima koje se dobijaju uporabom različitih kugli.
2. Koja statistička metoda se primjenjuje za računanje kapaciteta? Objasniti!
3. Definirati kapacitet, naboj, potencijal i dielektričnu konstantu.
4. Objasniti kako i čime nabijamo elektrometar u vježbi.

## Vježba 2.

### OHMOV ZAKON I MJERENJE OTPORA

Spojimo električni strujni krug s akumulatorom kao izvorom struje, ampermetrom i žičanim otpornikom čiji otpor želimo izmjeriti (slika 2). Otpornike ćemo mijenjati, tako da ćemo svaki put mjeriti otpor žice od različitog materijala (bakra, konstantana, čelika, aluminija). Kad spojimo strujni krug, ampermetar će pokazivati jakost struje koja ovisi o naponu kojeg daje izvor struje, kao i o otporu ispitivanog otpornika.



**Slika 2.** Strujni krug s izvorom struje, žičanim otpornikom i ampermetrom

Struja  $I$  koja protječe kroz otpornik otpora  $R$  i pad napona  $U$  izmjeren između krajeva tog otpornika povezani su prema Ohmovom zakonu:

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

Otpor, dakle, određujemo mjerenjem pada napona na zadanom žičanom otporniku i mjerenjem struje koja protječe krugom.

Na temelju mjerenog otpora žice može se odrediti otpornost materijala od kojeg je ona izrađena. Naime, za otpor žice duljine  $l$ , površine poprečnog presjeka  $S$  i otpornosti  $\rho$  vrijedi:

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

pri čemu je  $S = r^2 \pi = d^2 \pi / 4$ , gdje su  $r$  i  $d$  polumjer odnosno promjer žice kružnog poprečnog presjeka.

### PRIBOR

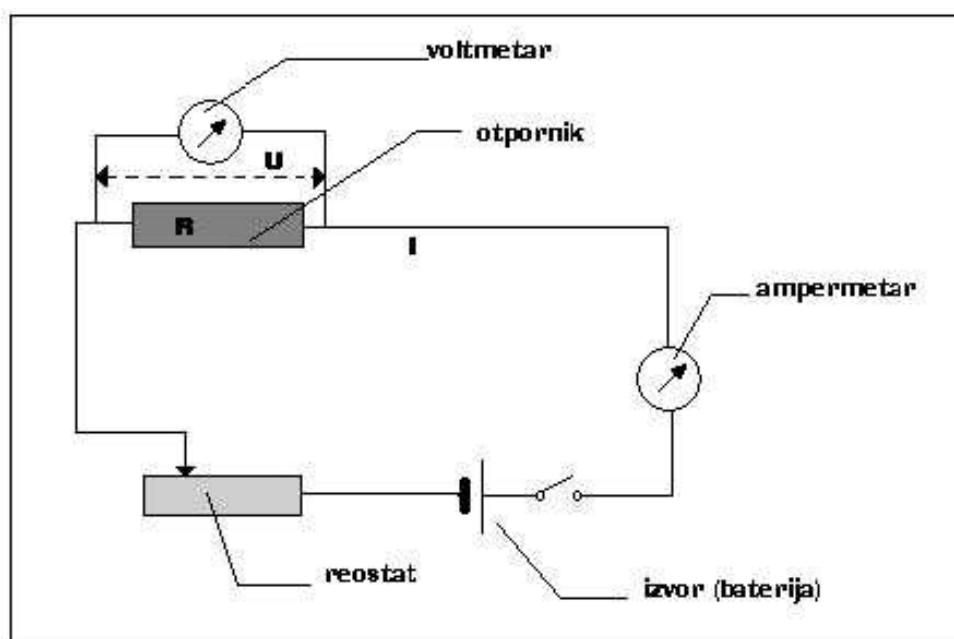
Ampermetar (do 1A), voltmetar (do 10V), akumulator ili baterija (do 12V), razni žičani otpornici, promjenljivi otpornik (reostat 120 k $\Omega$ ), žice i štipaljke za spajanje.

## ZADATAK

Odrediti otpor zadanih žičanih otpornika mjerenjem pada napona na njima i struje koja protječe krugom. Duljina i promjer svakog otpornika su poznati. Iz ovih podataka izračunati otpornosti materijala od kojih su izrađeni.

## TIJEK RADA

Spojiti električni strujni krug prema slici 3.



Slika 3. Shema strujnog kruga za mjerenje nepoznatog otpora<sup>2</sup>

Mijenjanjem otpora promjenljivog otpornika (reostata) mijenjati jakost struje u krugu, a time i pad napona na ispitivanom otporu te bilježiti parove vrijednosti struje i napona.

### Važne napomene

Ampermetar se u strujni krug spaja serijski. (On mjeri struju koja protječe kroz njega.) Voltmetar se u strujni krug spaja paralelno. (On mjeri pad napona između krajeva otpornika.)

Prekidač se uključuje posljednji.

Prije uključjenja struje valja:

- još jednom provjeriti da li je sve pravilno spojeno prema shemi
- postaviti mjerna područja instrumenata na najveći opseg, a klizni kontakt reostata na najvići otpor.

Paziti da akumulator (ili baterija) nikad ne bude kratko spojen.

Na kraju pokusa vratiti mjerna područja instrumenata na najveći opseg, a reostat na najveći otpor.

<sup>2</sup>

Sliku izradio Petar Stipanović.

## PITANJA

1. Što je to otpor i otpornost? Usporedite otpornost različitih otpornika koji se koriste u vježbi.

2. Kakav otpor trebaju imati dalekovodi? Zašto?

3. Svaki od mjernih instrumenata posjeduje svoj unutarnji otpor, koji doprinosi ukupnom otporu strujnog kruga, a samim tim i netočnosti naših mjerenja, jer u računu unutarnje otpore zanemarujemo. Kakav treba biti unutarnji otpor ampermetra, a kakav voltmetra da bismo mogli reći da njihovim zanemarivanjem ne činimo veliku grešku?

4. Uz pretpostavku da je unutarnji otpor voltmetra poznat i iznosi  $R_u$ , napisati korigirani izraz za otpor ispitivanog otpornika u ovom pokusu.

## **ODREĐIVANJE ELEKTROMOTORNE SILE I UNUTARNJEG OTPORA GALVANSKOG ČLANKA**

Svaki izvor elektromotorne sile (baterija, akumulator, galvanski članak) ima svoj unutarnji otpor, pa prema tome i svoj pad napona dok struja protječe kroz krug. Elektromotorna sila članka jednaka je zbroju padova napona na članku i na vanjskom otporu:

$$\begin{aligned}\epsilon &= RI + R_u I \\ \epsilon &= U + R_u I\end{aligned}$$

$RI = U$  je napon na priključcima članka odnosno pad napona na vanjskom otporu; elektromotorna sila veća je od tog napona za pad napona na članku.

Dakle, napon na priključcima članka bit će jednak elektromotornoj sili samo kad struja ne teče (ili je vrlo slaba pa je stoga i pad napona na samom izvoru struje vrlo mali).

### **PRIBOR**

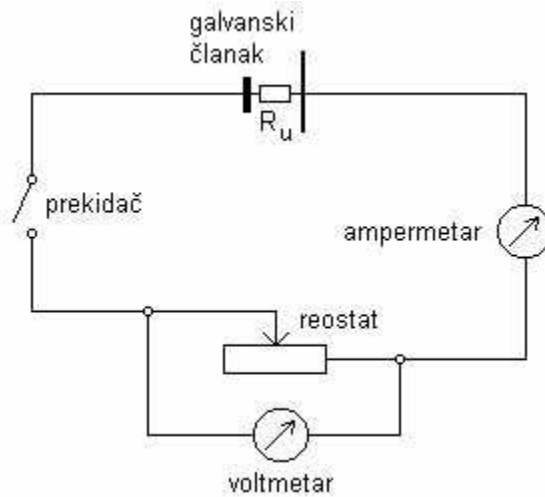
Galvanski članak (4.5V), reostat ( $22\Omega$ ), ampermetar (do 1A), voltmetar poznatog unutarnjeg otpora, prekidač.

### **ZADATAK**

Odrediti elektromotornu silu i unutarnji otpor danog galvanskog članka iz iz podataka o promjenama struje u krugu i pada napona na vanjskom otporu pri mijenjanju tog otpora. (Smatrati zanemarivima utjecaje otpora mjernih instrumenata i spojnih žica.)

### **TIJEK RADA**

Spojiti električni strujni krug prema slici 5.



**Slika 4.** Shema strujnog kruga za određivanje elektromotorne sile i unutarnjeg otpora galvanskog članka

Mijenjanjem otpora promjenljivog otpornika mijenjati pad napona na vanjskom dijelu strujnog kruga. Nakon svake promjene bilježiti parove vrijednosti  $U$  i  $I$ .

### PITANJA

1. Objasniti razlog zašto se akumulator neće potpuno isprazniti ako ga kratko spojimo.
2. Izmjeriti elektromotornu silu i usporediti je s izračunatom vrijednosti.
3. Definirati elektromotornu silu, napon, pad napona, potencijal i struju.