

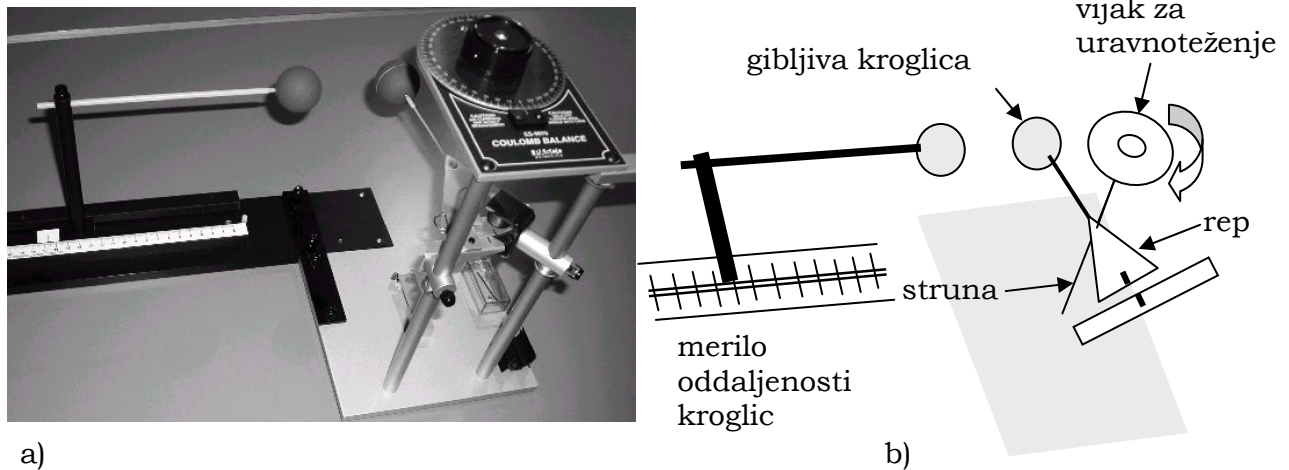
Sila v elektrostatičnem polju

Namen vaje

Našli bomo podobnost med poljem mirujočih nabojev in poljem mas, ter kakšen vpliv ima relativna vlažnost zraka na hitrost razelektritve opazovanih teles.

Coulombova tehtnica

Dve z grafitom prevlečeni kroglici naelektrimo z nabojema q_1 in q_2 .



Slika N.1.1: Coulombova tehtnica: a) fotografija in b) skica. Naelektreni kroglici se odbijata, če imata q -ja enak predznak ali privlačita, če imata q -ja različna predznaka. Z uravnotežanjem položaja gibljive kroglice merimo silo F .

Leva kroglica je, kot kaže slika N.1.1, trdno pritrjena, desna pa niha na torzijski vzmeti (struni). Sila F zvije okoli osi struno za kot φ , sorazmerje pa določa konstanta k_{strune} :

$$F = k_{strune} \varphi \quad \text{enačba 1}$$

Konstanta uporabljene vzmeti

$$k_{strune} = \dots\dots\dots \text{N}/^\circ$$

Po Coulombovem zakonu je sila F na gibljivo kroglico, imenovana Coulombova sila, enaka:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{R^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{R^2} \quad \text{enačba 2}$$

q_1 ... naelektrenost pritrjene kroglice

q_2 ...naelektrenost gibljive kroglice

k ... Coulombova konstanta

R ... oddaljenost središč kroglic

Za določitev konstante k moramo torej poznati naboja obeh kroglic q_1 in q_2 , silo F in poznati oddaljenost med središčema kroglic R .

A. Meritev $F(R)$ ob nizki relativni vlažnosti

Za naelektritev kroglic uporabljamo z drgnjenjem naelektrene predmete ali kaskadni elektrostatični visokonapetostni generator. Velikost električnega naboja merimo s coulombmetrom.

Središče gibljive kroglice oddaljimo od središča pritrjene za 20,0 cm. Kroglico naelektrimo, ko se njene površine dotaknemo z naelektrenim predmetom (glej Priloge) ali s sponko izvora enosmerne napetosti. Najprej naelektrimo eno kroglico, nato še drugo.

Odmik gibljive kroglice iz mirovne lege kompeziramo z vrtenjem vijaka za uravnoteženje. Ko se oznaka na repu gibljive kroglice pokriva z oznako na stojalu (glej sliko N.1.1), sta si sila na gibljivo kroglico in sila strune v ravnotežju.

Coulombov zakon velja za točkaste naboje, oziroma vsaj takrat, ko je oddaljenost med središčema kroglic R veliko večja od polmera kroglice r .

Polmer kroglice

$r = \dots\dots\dots \text{ cm}$

Za izračun sile vzmeti F (po enačbi 1) namesto φ_{izmer} uporabite popravljeni φ :

$$\varphi = \frac{\varphi_{\text{izmer}}}{\left(1 - 4 \frac{r^3}{R^3}\right)} \quad \text{enačba 3}$$



Ne pozabite beležiti tudi časa t !

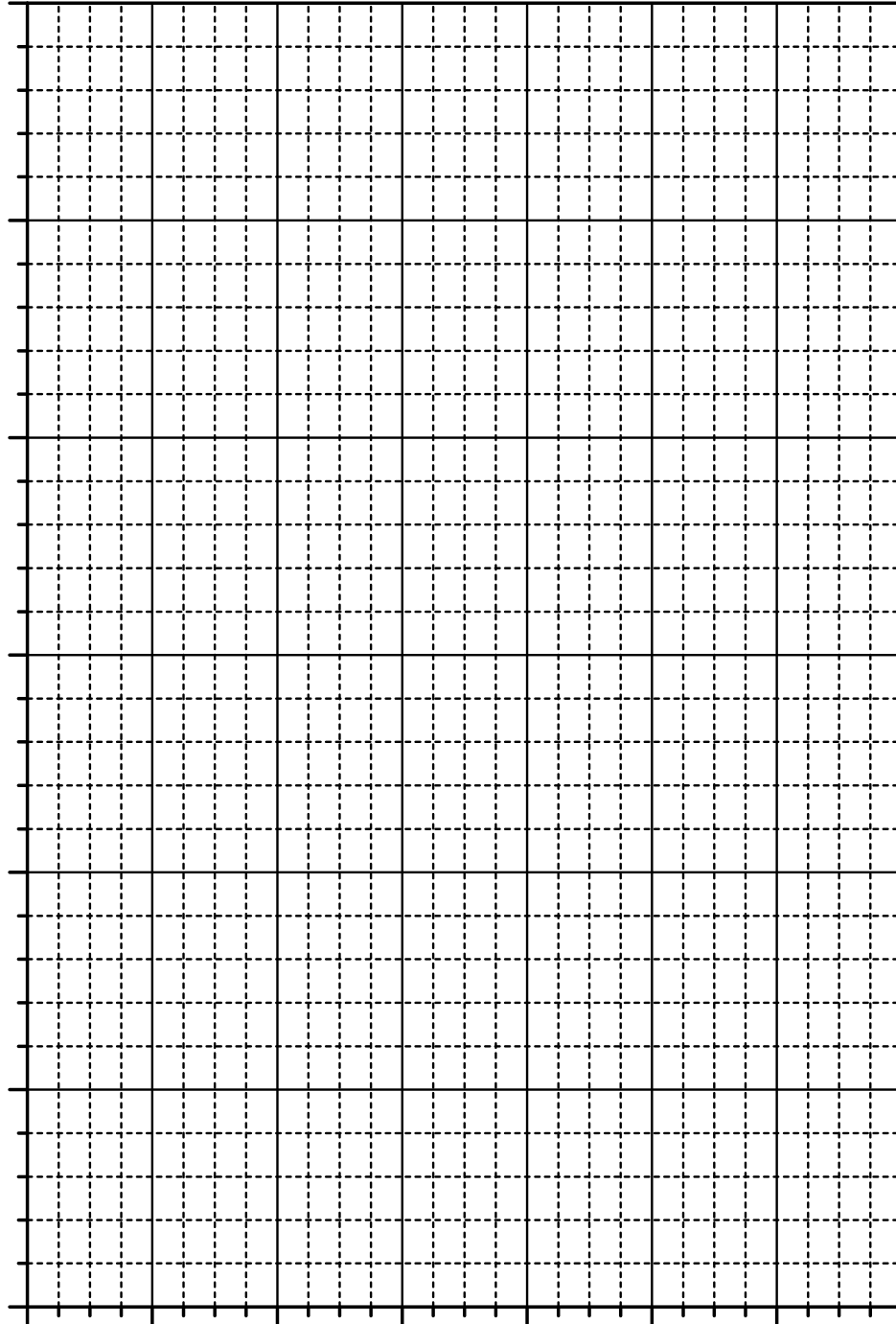
t (s)				
R (cm)	20,0	15,0	10,0	5,0
φ_{izmer} (°)				
φ (°)				
F (N)				

Oddaljenost središč kroglic R zmanjšamo na 15,0 cm in ponovno kompenziramo silo. Postopek ponovimo še na 10,0 cm in 5,0 cm.



Narišite diagram $F(R)$: na vodoravno os nanosite neodvisno spremenljivko R ali t , na navpično pa F .

- **Kako** upada sila z oddaljenostjo kroglic oz. časom od naelektritve?
- **Katere veličine iz okolice** po vašem mnenju vplivajo na velikost sile F ?



B. Meritev $F(t)$ v primeru visoke relativne vlažnosti

Kako hitro bo odtekal naboj s kroglic, točneje povedano: kako hitro se bodo zračni ioni rekombinirali, v veliki meri odloča relativna vlažnost zraka v okolici kroglic.

Izmerite relativno vlažnost z vlagomerom (higrometrom).

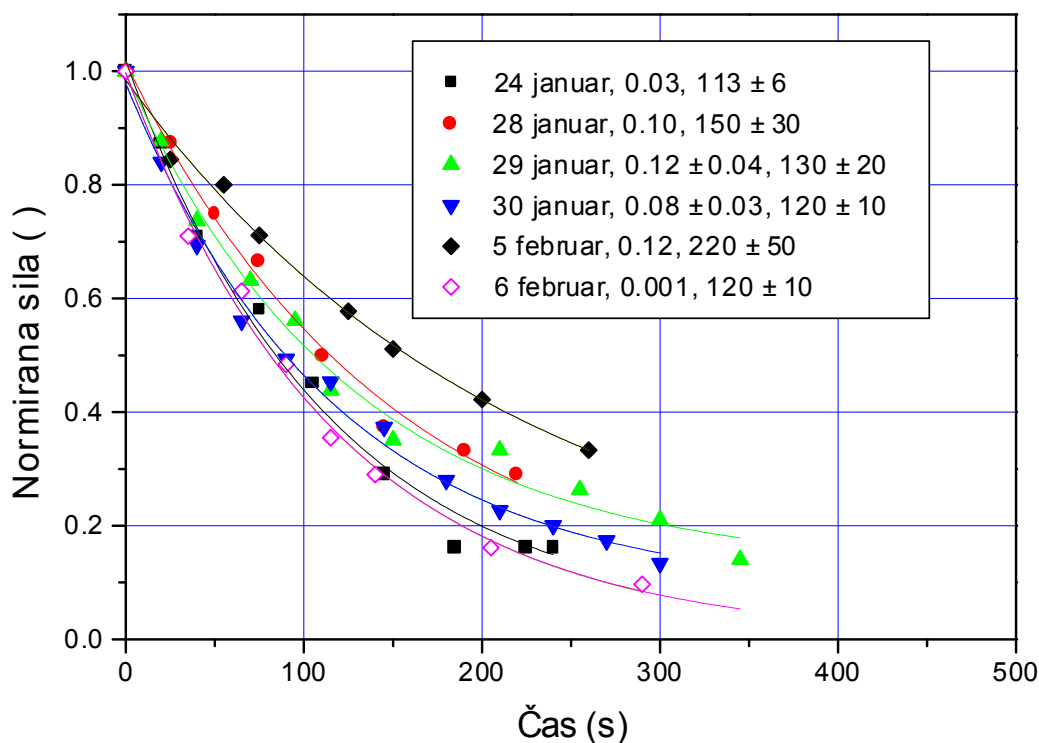
relativna vlažnost (%)
temperatura v laboratoriju (°C)

Kroglici naelektrite kar z enakima nabojema. Ko sta kroglici oddaljeni za 8,0cm, določite odvisnost kota φ , potrebnega za kompenziranje gibljive kroglice, od časa t .

Beležimo le kot φ . Rezultat vsake meritve normiramo na začetno vrednost ob času 0 in jih zapisujemo kot normirano silo F_n .

T (s)	0
$\varphi_{\text{izmer}}(^{\circ})$	
$\varphi(^{\circ})$	
F (N)	
$F_n ()$	1,0

Kar v diagram na prejšnji strani vrišite svoj rezultat in ga primerjajte z že izmerjenimi.



Slika N.1.2: Silo na gibljivo kroglico smo normirali in jo narisali v odvisnosti od časa. Poleg dneva meritve sta dopisana tudi y_0 in t_1 , ki smo ju dobili z obdelavo rezultatov (glej enačbo 4 na naslednji strani)

Na točke posamezne meritve napnemo krivuljo eksponentialnega razpada:

$$y = y_0 + A_1 e^{-t/t_1} \quad \text{enačba 4}$$

Vprašanja v razmislek

Kako nam v enačbi 4 y_0 in t_1 odražata relativno vlažnost? Zakaj na sliki N.1.2 sklepamo, da sta bila 24. januar in 6. februar najbolj vlažna dneva, najbolj suh pa da je bil 5. februar?

V meritvi odvisnosti $F(R)$ se sila F spreminja vsaj zaradi dveh razlogov. Zaradi premikanja krogel in vlage v zraku. Ko krogli približujemo, se kapacitivnost sistema krogel povečuje (Priloge). Neizogibno pa, kot ste opazili v vaji B, naboj s površin krogel odteka po kanalu, ki ga vzdržuje zračna vlaga.



Kako bi po vašem mnenju iz meritve $F(r)$ odračunali vpliv relativne vlažnosti?



Kolikšen rezultat dobite?

Navodila za vaje

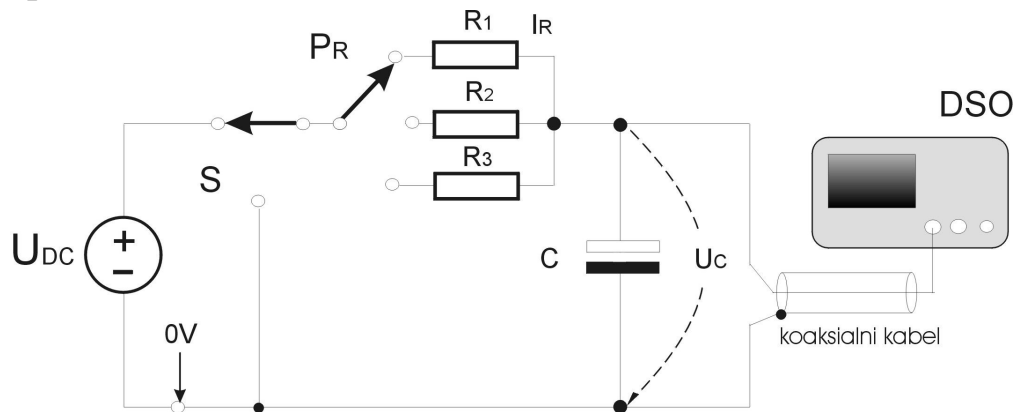
Beleške

Merjenje kapacitivnosti s polnjenjem kondenzatorja

Namen vaje

Izmeriti čas, ki je potreben, da se naelektri elektrolitski kondenzator, kar nam bo koristilo za določitev njegove kapacitivnosti (glej sliko N.8.1).

Postopek



Slika N.8. 1: Po določitvi časovne konstante lahko izračunamo C

Vpišite oznake instrumentov:

U_{DC}	vir enosmerne napetosti	
upor R_1		upor R_2 upor R_3
S	stikalo	
Pr	preklopnik	
C	kondenzator	
DSO	osciloskop	

Sestavite merilno vezje, vklopite izvor U_{DC} in ga nastavite na 10 V.



Kako izbrati primeren upor, če želimo, da ima čas polnjenja velikostni rang cca 10-20s? Pomagajte si z enačbo $\tau = R C$.



Kako nastaviti osciloskop, če vemo, da bomo opazovali napetosti do 10V in časovni interval od 10 do 20 s?

$$k_t = \text{.....}, \quad k_{y1} = \text{.....}, \quad '0' = \text{.....}.$$

Namig: Uporabite nastavitve auto trigg za proženje.

V tokokrog vključite upor R_1 .

S stikalom S priključite kondenzator na izvor. Polnjenje se začne.

Opazujte spreminjanje u_c !

S stikalom S priključite kondenzator na 0V in tako izpraznite kondenzator.

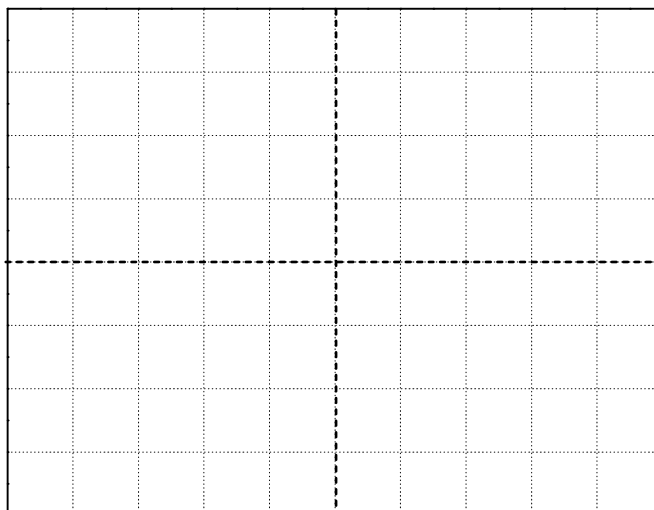
Podoben postopek ponovite še za upora R_2 in R_3 .

Skicirajte vse tri potoke $u_c(t)$, ki jih dobite s pomočjo danih uporov. Označite osi diagramov na osciloskopu in izmerjene čase.

Določite kapacitivnost elektrolitskega kondenzatorja C glede na izmerjene časovne konstante τ .

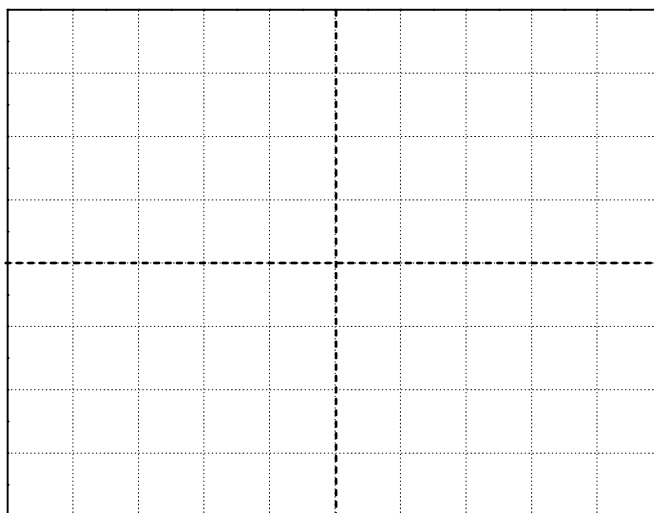
S prvim uporom:

$R_1 =$
$\tau =$
$C =$



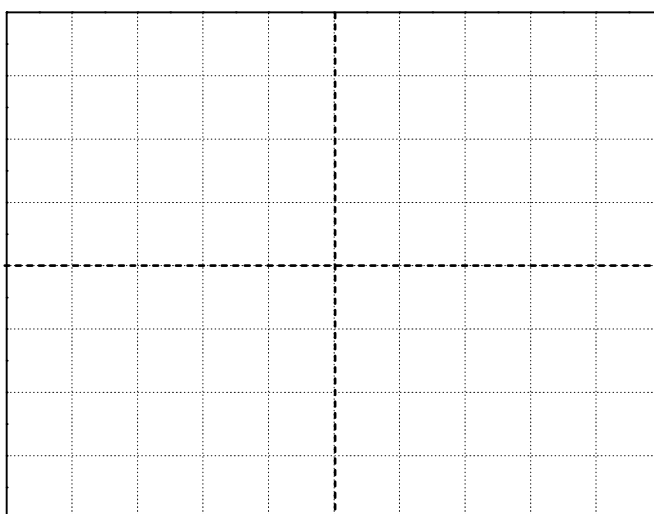
Z drugim uporom:

$R_2 =$
$\tau =$
$C =$



S tretjim uporom:

$R_3 =$
$\tau =$
$C =$



Slika N.8. 2: Slike na osciloskopu: odvisnost $u_c(t)$ ter določanje τ in C

Beleške