

B2_04 Naboj na kondenzatorju

Teoretični uvod

Merilnik naboja je nekakšna "menzura" za naboj. Iz naelektrenega telesa pretočimo naboj v merilnik, tako da z vodnikom povežemo telo in vhod merilnika. Instrument, priključen na izhod merilnika, pokaže, koliko naboja smo pretočili.

Na plošči kondenzatorja je naboj e , ki je sorazmeren z napetostjo U med ploščama. Naboj e lahko izračunamo: $e=CU$, ali pa ga z merilnikom naboja izmerimo. Če poznamo geometrijske razsežnosti kondenzatorja, lahko iz enačbe za kapaciteto $C=\epsilon_0 S/d$ izračunamo influenčno konstanto ϵ_0 .

Naloga

1. Umeri merilnik naboja in nariši umeritveni diagram $e=e(e_m)$
2. Izmeri naboj na naelektreni ebonitni palici.
3. Preveri enačbo $e=CU$ za ploščni kondenzator. Meritve vnesi v diagram $e=e(U)$. Iz strmine premice izračunaj kapaciteto kondenzatorja in nato še influenčno konstanto.

Potreščine

Merilnik naboja, vezne žice, voltmeter, vir napetosti z zglajeno nastavljivo izhodno napetostjo, ploščni kondenzator z distančnimi ploščami, stikalo, ura, upornik za 100 M Ω , aceton.

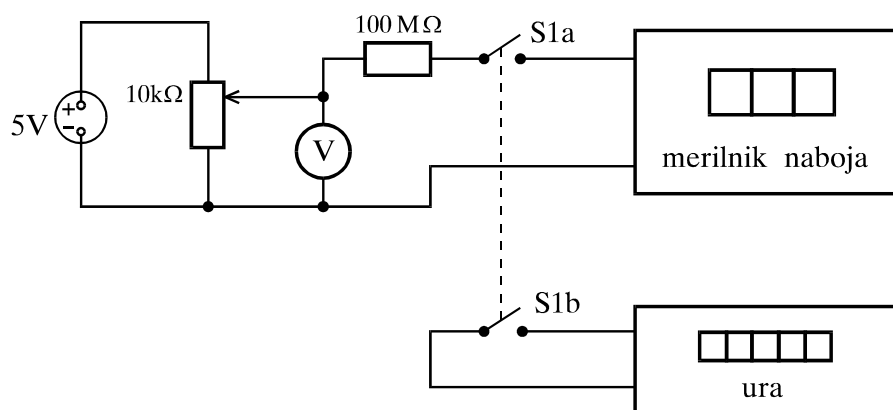
Navodilo

1. Umerjanje merilnika

Z merilnikom naboja lahko merimo naboje večje od 10^{-9} As. Uporabljamo ga pri merjenju naboja ploščnega kondenzatorja, naelektrene krogle, naelektrenih palic po drgnjenju, pri poskusih z influenco, pri indukciji. Pri teh poskusih želimo izmeriti časovni integral toka, če pa tok pomnožimo z vhodnim uporom, lahko merimo tudi časovni integral napetosti.

Merilnik naboja meri le tisti naboj, ki ga zunanja napetost potisne skozi vhodni priključek v merilnik. Pri umerjanju pretočimo v merilnik znani naboj (e_m), hkrati pa odčitamo rezultat na merilniku (e). Takšno meritev ponovimo z več različnimi in znanimi naboji, tako da lahko narišemo diagram $e=e(e_m)$.

Priključi vir napetosti na vhod merilnika kot kaže slika 1. Kaj se bo zgodilo, če za 1 s skleneš stikalo? Napetost U_b bo skozi vhodni upor R_i pognala stacionarni tok, kar pomeni, da v merilnik pretakaš naboj $e_m=It$. Pri $U_b = 0,10$ V, $R_i = 100$ M Ω in $t = 1,0$ s je $e_m=(U_b/R_i)t = 1$ nAs. Odčitaj še številko na merilniku, pa imaš prvo točko za diagram $e=e(e_m)$. Napravi 10 meritev pri različnih U_b za čase med 0 s in 1 s. Nariši umeritveni diagram $e=e(e_m)$. Pri časih daljših od ene sekunde bi bilo potrebno upoštevati, da poganja tok v merilnik naboja razlika napetosti U_b-U , kjer je U napetost na vhodu merilnika. Pred vsako naslednjo meritvijo postavi izhod merilnika na 0. To dosežeš s kratkotrajnim stiskom tipkala reset.



Slika 1. Umerjanje merilnika

Umeri merilnik še z nabojem nasprotnega znaka. Pri tem obrneš polariteto napetosti U_b in preklopiš stikalo \pm .

Iz dobljenih rezultatov nato nariši umeritveni diagram $e=e(e_m)$

2. Ko si merilnik umeril za vajo izmeri naboj naelektrene ebonitne palice.

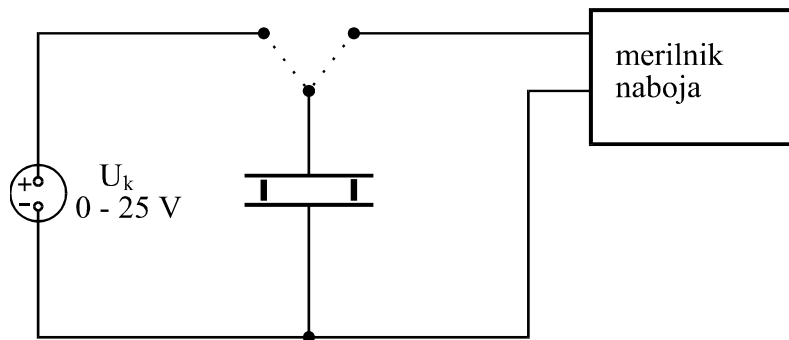
3. Merjenje naboja kondenzatorja

Če kondenzator priključiš na napetost U_k , bo na ploščah kondenzatorja ostal naboj tudi po tem, ko priključek vira napetosti odmakneš. Razišči, kako je ta naboj odvisen od napetosti U_k , na katero je bil kondenzator priključen.

Z merilnikom naboja je naloga preprosta: priključi kondenzator, kot kaže slika 2. Med ploščama naj bodo štiri distančne ploščice z enakimi debelinami. Te ploščice in kondenzatorske plošče pred meritvijo očisti z acetonom (premisli, zakaj)! Zgornje plošče se za hip dotakni z vodnikom z znano napetostjo, nato pa po vodniku, ki je priključen na vhod merilnika, pretoči naboj v merilnik. Tega vodnika ne smeš držati z roko, ker bi nekaj naboja steklo skozi izolacijo preko tebe v zemljo in meritev ne bi bila dobra. Tudi mize in okoliških predmetov se ta vodnik naj ne dotika. Vodnik naj bo pritrjen na koncu izolacijske palice.

Napravi več meritev z različnimi začetnimi napetostmi kondenzatorja U_k , pri čemer si zapisuj pare (U_k, e) . Uporabi tudi napetosti z nasprotnim znakom, pri čemer zamenjaj polariteto napetosti U_k . Nariši diagram $e=e(U_k)$. Iz strmine premice izračunaj kapaciteto, iz kapacitete pa še influenčno konstanto. Pri računu potrebuješ še ploščino kondenzatorjeve plošče in razmik med ploščama.

Nato zamenjaj distančne ploščice in ponovi poskus. Tudi za te meritve nariši diagram ter izračunaj kapaciteto in influenčno konstanto.



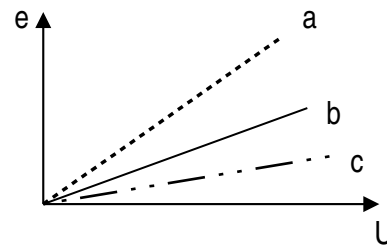
Slika 2. Merjenje naboja kondenzatorja.

Iz dobljenih rezultatov nariši diagrama $e=e(U_k)$, katerih strmina je kapaciteta. Nato izračunaj še influenčno konstanto.

Razmisli

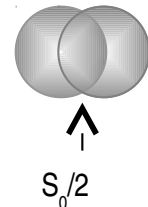
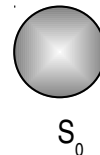
- Na grafu 1 je prikazan naboj na kondenzatorju v odvisnosti od napetosti. Kateri kondenzator spada h kateri premici na grafu?

Kondenzator	Površina	Razmik
1	S	d
2	2S	d
3	S	2d



- Kondenzator najprej nabijemo na U_0 , nato ga odklopimo in v naslednjem zaporedju:

- povečamo odmik med ploščama: $d = 2d_0$;
- zmanjšamo prekrivanje plošč:
- vstavimo dielektrik ($\epsilon_r = 2$).



Kaj se v posameznem primeru zgodi s kondenzatorjem? (U, E, e, C, \dots) Kolikšen naboj bi izmerili v posameznem primeru?

- Zakaj mora biti v vezju (slika 1) $100 \text{ M}\Omega$ upor?
- Dva različna kondenzatorja sta priključena na baterijo. Kaj imata skupnega, če sta:
 - zvezana vzporedno
 - zvezana zaporedno
 Kolikšna je njuna nadomestna kapacitivnost v posamezni vezavi?
- Dva različna kondenzatorja najprej vsakega posebej nabijemo na bateriji na napetost U . Nato ju povežemo. Kaj se zgodi z (e, U, E, C) na posameznem kondenzatorju? Za to vezavo imamo 2 možnosti; premisli o obeh vezavah.
- Kako deluje merilnik naboja?
- Kako bi z merilnikom naboja izmeril naboj naelektrene steklene palice?
- Koliko bi pokazal merilnik naboja, če bi pri umerjanju uporabili sinusno izmenično napetost?

9. Na kondenzatorju je že nek naboj, nato pa priključimo kondenzator na napetost U_k . Koliko naboja je na kondenzatorju po priključitvi napetosti? Ali vpliva začetni naboj na rezultat?
10. Imamo dva kondenzatorja. Vemo, da je kapaciteta prvega večja od kapacitete drugega. Kondenzatorja nato priključimo na baterijo:
- Najprej samo prvega.
 - Nato samo drugega.
 - Potem oba skupaj zaporedno.
 - Nazadnje pa še oba skupaj vzporedno.
- V katerem primeru lahko na kondenzatorja (oba skupaj) shranimo največ naboja? Zgoraj navedene primere razporedi po vrsti glede na to, koliko naboja lahko vanje shranimo.