

Ako između ploča ubacimo staklo, napon između ploča opadne na $U_s = 1,5 \text{ V}$. Odrediti relativnu dielektričnu konstantu stakla, jačinu električnog polja pre ubacivanja stakla i nakon njegovog ubacivanja i rastojanje između ploča (debljinu dielektrika).

6.7. Jačina polja kod pločastog kondenzatora (dve naelektrisane ravne ploče) sa vazdušnim dielektrikom je E_0 . Kondenzator je priključen na napon U . Nakon toga, između ploča se ubaci materijalni dielektrik nepoznate relativne dielektrične konstante ϵ_r debljine $d/2$. Ako je jačina polja u vazdušnom delu, nakon ubacivanja materijalnog dielektrika $E_1 = 3 \cdot E_0 / 2$, izračunati kolika je relativna dielektrična konstanta materijalnog dielektrika.

6.8. Pločast kondenzator opterećen je količinom elektriciteta $Q = 20 \text{ nC}$. Ploče kondenzatora su kvadratnog oblika površine 16 cm^2 , a dielektrik ima relativnu dielektričnu konstantu koja je jednaka $\epsilon_r = 30$, a rastojanje između ploča iznosi $1,275 \text{ mm}$. Izračunati:

- potreban rad koji treba da se izvrši da bi se pozitivno naelektrisanje $q_p = 0,1 \text{ pC}$ prenelo sa jedne ploče na drugu. Koja je razlika u radu pri pomeranju q_p sa pozitivne ploče na negativnu, i obrnuto.
- napon na pločama kondenzatora i jačinu električnog polja između ploča.
- Potencijal tačke A koja je udaljena 1 mm od pozitivne ploče ako je potencijal pozitivne ploče jednak $V_1 = 12 \text{ V}$.

7. ELEKTRIČNI KAPACITET. KONDENZATORI. KAPACITET KONDENZATORA

7.1 ELEKTRIČNI KAPACITET (KAPACITIVNOST)

Kapacitet svakog provodnika predstavlja jednu konstantu C koja govori o odnosu naelektrisanja toga provodnika i njegovog potencijala (vidi: PROVODNIK U ELEKTRIČNOM POLJU).

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

KAPACITET PROVODNE KUGLE

Kako je kod kugle potencijal na njenoj površini jednak: $V = \frac{Q}{4\epsilon\pi r} \Rightarrow C = \frac{Q}{V} = 4\epsilon\pi r$.

Iz navedene relacije sledi zaključak da kapacitet čini jednu konstantu provodnika, koja ne zavisi od njegovog opterećenja i potencijala, već **kapacitet provodnika zavisi od vrste provodnika (ili dielektrika) i njegovih dimenzija.**

Za kuglu **kapacitet iznosi :**

$$C = 4 \epsilon r \pi [F], \quad \text{gde je } r \text{ poluprečnik kugle.}$$

7.2. KONDENZATORI

Kondenzator je sistem kojeg sačinjavaju dva provodnika (dve elektrode) koja su različito naelektrisana, sa dielektrikom između njih. Oni mogu biti prirodni (dva provodnika, provodnik sa zemljom, dva oblaka, oblak sa zemljom..) i veštački. Kako u praksi uglavnom radimo samo sa veštačkim kondenzatorima tada se za kondenzator može dati sledeća definicija: **kondenzator je uređaj koji se sastoji iz dva provodnika (ploče) koje su jednako naelektrisane ali sa suprotnim predznacima (+Q i -Q).**

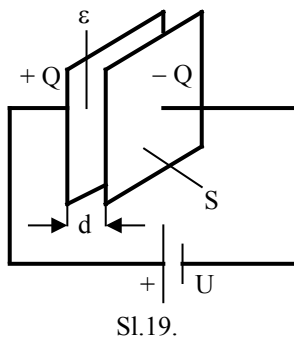
Oblik kondenzatora može biti različit, no iz praktičnih razloga (zbog proračuna) oni se izvedu od ploča, pa se po njima oni i nazivaju pločasti kondenzatori.

7.3. KAPACITIVNOST KONDENZATORA

Kapacitivnost kondenzatora je njegova sposobnost da primi određenu količinu naelektrisanja uz odgovarajući napon. Za svaki kondenzator odnos između skupljene količine naelektrisanja Q i njegovog napona U je konstantan. Ta konstanta se označava sa C koja predstavlja njegov kapacitet, koji je jednak:

$$C = \frac{Q}{U} [F]$$

7.3.1. KAPACITIVNOST PLOČASTOG KONDENZATORA



Dve paralelne ravne (ploče), slika 19, stvaraju homogeno električno polje, koje je jednako:

$$E = Q / \epsilon S = U / d \Rightarrow Q / U = \epsilon S / d = C.$$

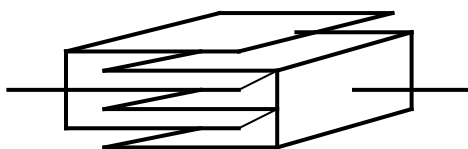
Kapacitivnost pločastog kondenzatora iznosi:

$$C = \frac{\epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} [F]$$

gde je :

- C ... kapacitivnost kondenzatora [F],
- ϵ ... dielektrična konstanta [F/m] koja iznosi:
 $\epsilon = C \cdot d / S [F \cdot m / m^2]$,
- d ... rastojanje ploča, tj. debljina dielektrika [m] i
- S ... površina ploča [m²]

7.3.2. KAPACITIVNOST VIŠEPLOČASTOG KONDENZATORA



Sl.20.

Kapacitet višepločastog kondenzatora, slika 20, iznosi:

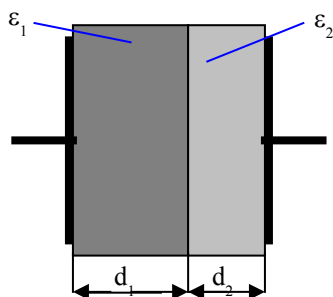
$$C = (n - 1) \cdot \epsilon \frac{S}{d} [F]$$

gde je:

- nbroj ploča
- $(n - 1)$ broj kondenzatora.

7.3.3. KONDENZATORI SA DVA DIELEKTRIKA

a) Redna veza



Sl.21.

Ako je napon U na pločama kondenzatora konstantan, sledi da je i jačina polja E konstantna, jer je $d = \text{konst.}$ Električna indukcija u različitim dielektrcima (sl.21) je različita, pa sledi:

$$D_1 = \varepsilon_1 E_1, \text{ odnosno } D_2 = \varepsilon_2 E_2.$$

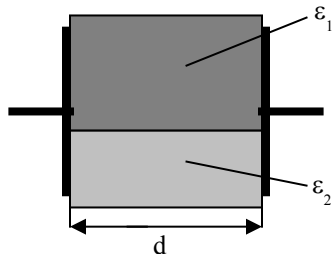
Kako će na krajevima i jednog i drugog dielektrika (redna veza) doći do iste količine izdvojenog naelektrisanja, sledi:

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow D_1 = D_2 \Rightarrow \varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2 \Rightarrow$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}$$

Jačine polja u pojedinim dielektrcima su obrnuto srazmerne njihovim dielektričnim konstantama.

b) Paralelna veza



Sl.22.

Kod paralelne veze dvaju dielektrika (sl.22), na njegovim krajevima je $U = \text{konst.} \Rightarrow E_1 = U/d; E_2 = U/d \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow D_1/\varepsilon_1 = D_2/\varepsilon_2 \Rightarrow$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}}$$

Kod paralelne veze dielektrika električne indukcije (gustina usmerenih dipolova – izdvojenih naelektrisanja na krajevima dielektrika) pojedinačnih dielektrika srazmerne su sa njihovim dielektričnim konstantama.

7.3.4. KAPACITIVNOST KONDENZATORA KOD NEHOMOGENOG ELEKTRIČNOG POLJA

a) Kapacitivnost cilindričnog provodnika

Kako je kod cilindričnog provodnika: $U = \frac{Q}{2\pi\varepsilon l} \ln \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow C = \frac{Q}{U} \Rightarrow$

$$C = \frac{2\varepsilon\pi \cdot l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

gde je: r_2 ... poluprečnik spoljašnjeg dela cilindričnog provodnika,
 r_1 ... Poluprečnik unutrašnjeg dela cilindričnog provodnika,
 l ... dužina cilindričnog provodnika

Napomena! vidi potencijal cilindričnog provodnika,

Iz navedenih relacija može se izvesti i formula za jačinu električnog polja koja je jednaka :

$$E = \frac{U}{r_1 \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

b) Kapacitivnost dvaju paralelnih provodnika

Kako je kod dvaju paralelnih provodnika napon između njih bio jednak:

$$U = \frac{Q}{\epsilon \pi l} \ln \frac{d - r_0}{r_0} \Rightarrow C = \frac{Q}{U} \Rightarrow$$

$$C = \frac{\epsilon \pi \cdot l}{\ln \frac{d - r_0}{r_0}}$$

za $d \gg r_0 \Rightarrow$

$$C = \frac{\epsilon \pi \cdot l}{\ln \frac{d}{r_0}}$$

c) Kapacitivnost provodnika prema zemlji

Napon između provodnika i zemlje (ravne) jednak je: $U = \frac{Q}{2\epsilon \pi l} \ln \frac{2h - r_0}{r_0}$

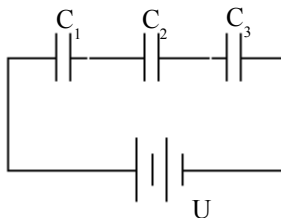
(Napomena! Videti jačinu električnog polja i električni napon kod provodnika i ravne).

Uz pretpostavku da je $2h \gg r_0$, što je u praksi redovit slučaj, kapacitet provodnika prema zemlji se računa sledećom relacijom:

$$C = \frac{2\epsilon \pi l}{\ln \frac{2h}{r_0}}$$

7.3.5.VEZIVANJE KONDENZATORA

a) Redna veza



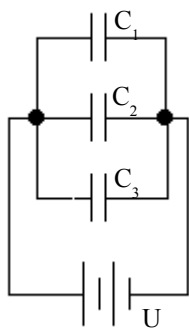
Sl.23.

Kod redne veze kondenzatora, sl.23, opterećenja kondenzatora su jednaka ($Q_1 = Q_2 = Q_3$), a ukupni napon jednak je zbiru pojedinačnih ($U = U_1 + U_2 + U_3$),

Recipročna vrednost ekvivalentnog kapaciteta, kod redne veze kondenzatora, jednaka je zbiru recipročnih vrednosti pojedinačnih kapaciteta kondenzatora:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

b) Paralelna veza



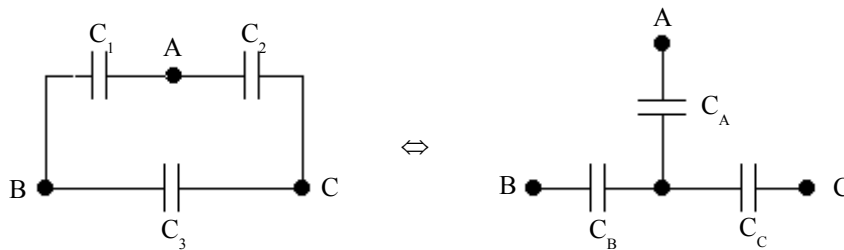
Sl.24.

Kod paralelne veze naponi na kondenzatorima su jednaki, dok je ukupna količina opterećenja kondenzatora jednaka zbiru pojedinačnih, slika 24, ($Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$).

Ukupna, ekvivalentna, kapacitivnost paralelne veze kondenzatora, jednaka je zbiru pojedinačnih kapacitivnošću kondenzatora:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

c) Transformacija trougla u zvezdu i zvezde u trougao



Sl.25.

Kod pretvaranja kondenzatora iz trougla u zvezdu, sl.25, kapacitivnost kondenzatora je jednaka:

$$C_A = C_1 + C_2 + \frac{C_1 \cdot C_2}{C_3} ; \quad C_B = C_1 + C_3 + \frac{C_1 \cdot C_3}{C_2} ; \quad C_C = C_2 + C_3 + \frac{C_2 \cdot C_3}{C_1}$$

Kod pretvaranja zvezde u trougao kapacitivnost novonastalih kondenzatora u trouglu iznose:

$$C_1 = \frac{C_A \cdot C_B}{C_A + C_B + C_C} ; \quad C_2 = \frac{C_A \cdot C_C}{C_A + C_B + C_C} ; \quad C_3 = \frac{C_B \cdot C_C}{C_A + C_B + C_C}$$

Prilikom pretvaranja kapaciteta iz jedne sprege (veze) u drugu, kapacitet između tačaka A i B, B i C i C i A ne sme da se menja, tj. on mora biti isti i za jednu i za drugu vezu.

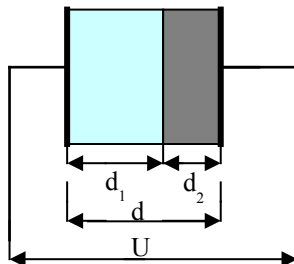
ZADACI:

7.1. Pločasti kondenzator ima površinu ploča $S = 1250 \text{ cm}^2$, a rastojanje između ploča je $d = 3 \text{ mm}$. Izračunati kapacitivnost kondenzatora, ako je između ploča: a) vazduh; b) mikanit ($\epsilon_r = 5,2$).

7.2. Pločasti kondenzator kapaciteta $C = 1 \text{ nF}$ priključen je na napon $U = 2,4 \text{ KV}$. Polje kondenzatora je $E = 60 \text{ KV/cm}$. Izračunati količinu elektriciteta na pločama kondenzatora, kao i rastojanje između ploča.

7.3. Šta će se dogoditi sa kapacitivnošću i opterećenjem kondenzatora ako se napon na njegovim krajevima: a) poveća dva puta; b) smanji dva puta.

7.4.



Sl.7.4.

Rastojanje između ploča kondenzatora je $d = 2 \text{ mm}$. Između ploča na rastojanju $d_1 = 1,8 \text{ mm}$ ubačena je dielektrična pločica ($\epsilon_r = 6$), tako da je deo između obloga $d_2 = 0,2 \text{ mm}$ ispunjen vazduhom(sl.7.4.). Kondenzator je priključen na napon $U = 1,5 \text{ KV}$. Izračunati napon na svakom delu kondenzatora (dielektrika), kao i jačinu električnog polja u njima.

7.5. Dielektrik između ploča kondenzatora čine dva sloja čije su relativne dielektrične konstante $\epsilon_{r1} = 2$ i $\epsilon_{r2} = 8$. Kondenzator je priključen na napon $U = 10 \text{ KV}$. Koliki je napon u slojevima dielektrika, ako su debljine slojeva jednake ($d_1 = d_2$) ?

7.6. Kada se metalna sfera naelektriše sa $Q = 2 \text{ nC}$, u tačkama na njenoj površini dobije se jačina električnog polja od $E = 2 \text{ V/m}$. Kolika je kapacitivnost sfere?

7.7. Pločasti kondenzator od 15 nF napravljen je od metalnih ploča kružnog oblika koje su u vazduhu postavljene na rastojanju od 1 mm . Koliki je prečnik ploča?

7.8. Nenaelektrisanom provodniku dovede se količina naelektrisanja od $Q = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ pri čemu mu se potencijal poveća do 30 V . Koliki je kapacitet ovog provodnika.

7.9. Koliki je kapacitet sfernog provodnika poluprečnika 10 cm , ako se on nalazi u vodi ($\epsilon_r = 81$).

7.10. Izračunati kapacitet Zemlje ako se ona smatra sferom čiji je poluprečnik $R = 6370 \text{ km}$.

7.11. Pločasti kondenzator ima kapacitet $C = 5 \text{ }\mu\text{F}$. Kolika je količina naelektrisanja na svakoj ploči ako je razlika potencijala između ploča $U = 1000 \text{ V}$?

7.12. Kondenzator sa vazdušnom izolacijom sastoji se od dve paralelne ploče i ima kapacitet od $C = 60 \text{ pF}$. Na njemu se nalazi naelektrisanje $Q = 0,3 \text{ }\mu\text{C}$. Odrediti napon između ploča. Koliki će biti napon ako se ploče razmaknu na dvostruko rastojanje od prvobitnog?

7.13. Kondenzator je napravljen od 100 listića staniola, površine $10 \times 12 \text{ cm}^2$, odvojenih parafinisanim papirom ($\epsilon_r = 4$) debljine $0,2 \text{ mm}$. Svi neparni listići su spojeni zajedno, a isto tako i parni. Koliki je kapacitet tog kondenzatora?

7.14. Kako se promeni kapacitet pločastog kondenzatora pri $\epsilon = \text{konst.}$, ako se razmak između ploča poveća tri puta, a površina ploča smanji dva puta?

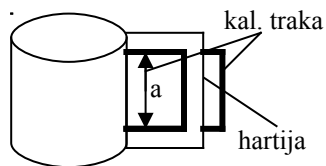
7.15. Kako će se promeniti kapacitet pločastog kondenzatora, pri $\epsilon = \text{konst.}$, ako se razmak između ploča i površina ploča smanji dva puta?

7.16. Kako se menja kapacitet pločastog kondenzatora pri $\epsilon = \text{konst.}$, ako se razmak između ploča smanjio dva puta, a površina ploča povećala dva puta?

7.17. Koliku površinu treba da imaju listovi od liskuna dielektrične konstante $\epsilon_r = 6,5$; debljine $0,1 \text{ mm}$, da bi se dobio pločast kondenzator kapaciteta $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$?

7.18. Kolika treba da je debljina dielektrika od čiste vode ($\epsilon_r = 81$) da bi se u kondenzatoru čije su površine elektroda (ploča) 10 m^2 imao kapacitet $C = 4 \text{ }\mu\text{F}$?

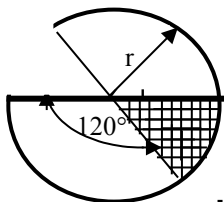
7.19.



Sl.7.19.

Kondenzator kapaciteta $2 \text{ }\mu\text{F}$ načinjen je od dve kalajne trake sa oparafinjenom hartijom između ($\epsilon_r = 4$), debljine $0,1 \text{ mm}$, prema slici 7.19. Ako je širina trake 5 cm , kolika treba da je dužina trake, da bi se postigao navedeni kapacitet kondenzatora?

7.20.



Promenljivi kondenzator ima 6 pokretnih i 7 nepokretnih ploča i vazdušni sloj od $0,5 \text{ mm}$, između svake dve ploče, koje imaju oblik polukrugova poluprečnika $r = 10 \text{ cm}$. Koliki je najveći kapacitet a koliki kada se pokretni deo zaokrene za 120° . Ploče se polukružno uvlače odnosno izvlače, kao što je prikazano na slici 7.20.