

1.

ELEKTROSTATIKA

KULONOV ZAKON

Šta je Kulonov zakon?

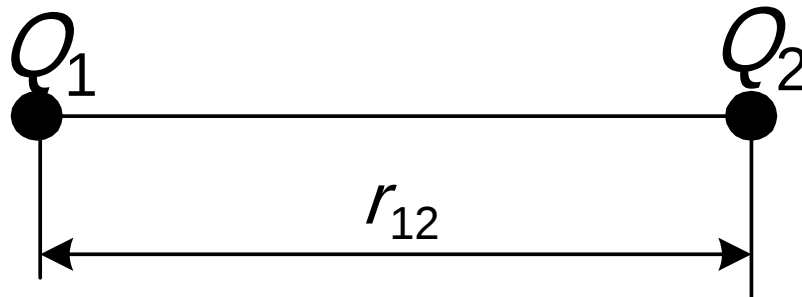
Zakon koji govori o elektrostatičkim silama između tačkastih naelektrisanja.

Šta je tačkasto naelektrisanje?

To je naelektrisanje koje ima određenu količinu električnog opterećenja i nema dimenzije. U praksi se za tačkasta naelektrisanja smatraju pozitivno i negativno naelektrisane čestice i sva naelektrisana tela čije su dimenzije zanemarljive u odnosu na rastojanje između njih.

Kako glasi Kulonov zakon?

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{12}^2} \cdot \vec{r}_{012}$$



Intenzitet sile kojom naelektrisanje Q_1 deluje na naelektrisanje Q_2 direktno je srazmeran proizvodu ta dva tačkasta naelektrisanja, a obrnuto srazmeran kvadratu rastojanja između njih.

**U izrazu za Kulonov zakon konstanta
srazmernosti je**

$$**k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}**$$

ϵ_0 je dielektrična konstanta vakuuma i vazduha i iznosi

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}} = \frac{10^{-9}}{36\pi} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

Sila je vektorska veličina što znači da je određena intenzitetom, pravcem i smerom.

Intenzitet sile je određen brojnim vrednostima.

Pravac Kulonove sile definisan je jediničnim vektorom $\vec{r}_{012}$

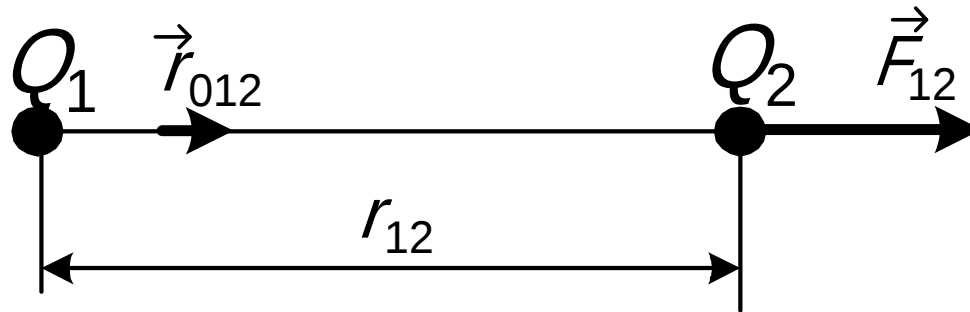
Smer Kulonove sile definisan je jediničnim vektorom $\vec{r}_{012}$ i algebarskim intenzitetom sile.

Šta je jedinični vektor $\vec{r}_{012}$?

**Jedinični vektor $\vec{r}_{012}$ iz Kulonovog zakona
je vektor koji ima:**

- intenzitet = 1**
- pravac linije koja spaja Q_1 i Q_2**
- smer od Q_1 ka Q_2**

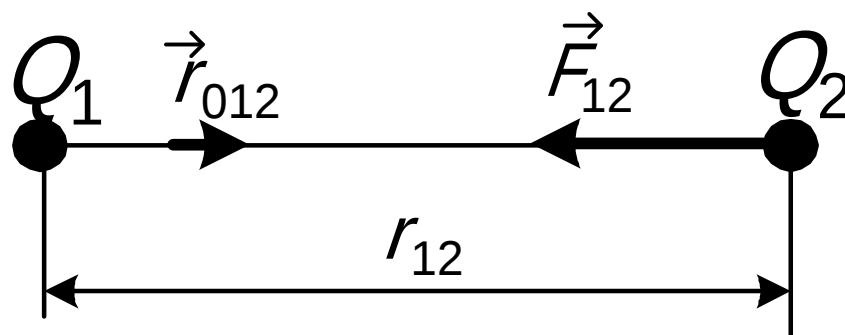
Primer 1:



Ako je $Q_1 > 0$ i $Q_2 > 0$, onda je sila $\vec{F}_{12}$ odbojna.

Znači: Q_1 deluje na Q_2 i gura ga od sebe
(napadna tačka sile je u tački u kojoj se nalazi Q_2).

Primer 2:



Ako je $Q_1 > 0$ i $Q_2 < 0$, onda je sila $\vec{F}_{12}$ privlačna.

Znači: Q_1 deluje na Q_2 i privlači ga ka sebi.

Jedinični vektor $\vec{r}_{021} = -\vec{r}_{012}$

što znači da mu je intenzitet jednak 1

pravac je isti kao pravac jediničnog vektora $\vec{r}_{012}$

a smer je od Q_2 ka Q_1 (suprotan od smeru $\vec{r}_{012}$).

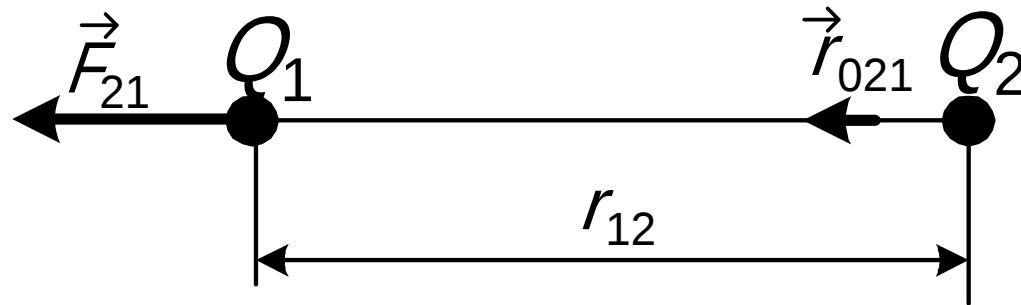
Zato je i sila $\vec{F}_{21}$

kojom Q_2 deluje na Q_1 suprotnog smera od sile

$\vec{F}_{12}$:

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{12}^2} \cdot \vec{r}_{021}$$

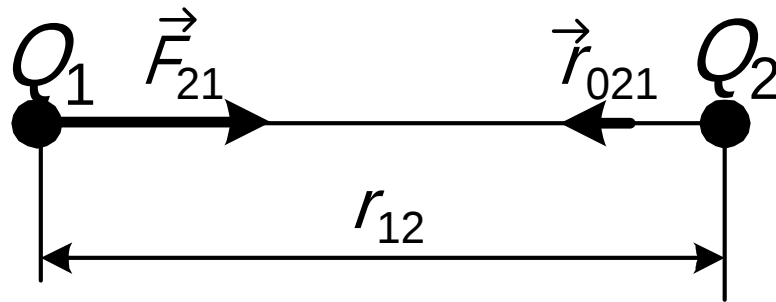
Primer 3:



Ako je $Q_1 > 0$ i $Q_2 > 0$ onda je sila $\vec{F}_{21}$ odbojna.

Znači: Q_2 deluje na Q_1 i gura ga od sebe (napadna tačka sile je u Q_1).

Primer 4:



Ako je $Q_1 > 0$ i $Q_2 < 0$ onda je sila $\vec{F}_{21}$ privlačna.

Znači: Q_2 deluje na Q_1 i privlači ga ka sebi.

Koja je jedinica za silu?

Njutn [N].

Koja je jedinica za količinu naelektrisanja?

Kulon [C].

ZADACI:

1.1 Dva tačkasta tela naelektrisanja Q_1 i Q_2 nalaze se u vazduhu na rastojanju $r_{12} = 0.2$ m. Odrediti vektor Kulonove sile kojim telo naelektrisanja Q_1 deluje na telo naelektrisanja Q_2 , ako je:

a) $Q_1 = 4 \cdot 10^{-11}$ C i $Q_2 = 6 \cdot 10^{-11}$ C

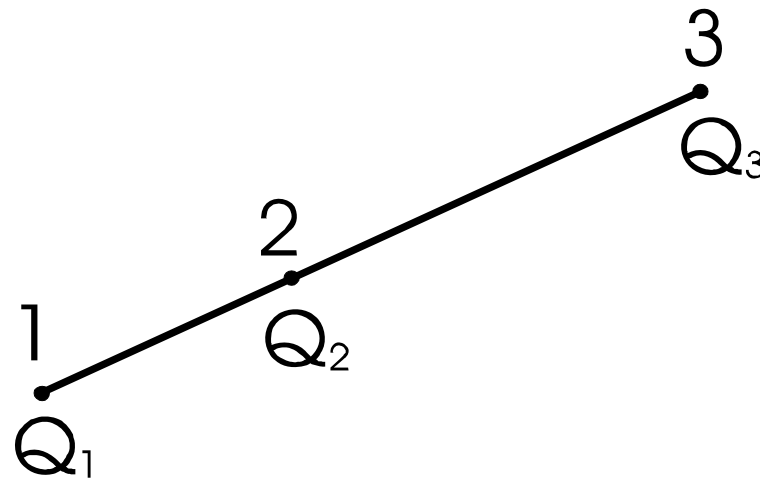
b) $Q_1 = -4 \cdot 10^{-11}$ C i $Q_2 = -6 \cdot 10^{-11}$ C

c) $Q_1 = 4 \cdot 10^{-11}$ C i $Q_2 = -6 \cdot 10^{-11}$ C

1.2 Dve kuglice poluprečnika $a = 2 \text{ mm}$ naelektrisane su istim količinama naelektrisanja Q . Intenzitet sile koja deluje između njih je $9 \cdot 10^{-7} \text{ N}$. Kuglice su na rastojaju $r = 2 \text{ dm}$. Odrediti količinu naelektrisanja Q kojom su naelektrisane kuglice.

- 1.3 Tri tačkasta naelektrisanja, $Q_1 = 1 \text{ pC}$, $Q_2 = 2 \text{ pC}$ i $Q_3 = 3 \text{ pC}$, nalaze se u vazduhu na istom pravcu, pri čemu se naelektrisanje Q_2 nalazi između naelektrisanja Q_1 i Q_3 . Rastojanje između naelektrisanja Q_1 i Q_2 je $r_{12} = 2 \text{ cm}$, a rastojanje između naelektrisanja Q_2 i Q_3 je $r_{23} = 3 \text{ cm}$.**
- a) Odrediti elektrostatičku silu (njen pravac, smer i intenzitet) koja deluje na naelektrisanje Q_2 .**
- b) Odrediti elektrostatičku silu (njen pravac, smer i intenzitet) koja deluje na naelektrisanje Q_3 .**

1.4 Tri tačkasta tela naelektrisanja $Q_1 = 8 \times 10^{-11} \text{ C}$, nepoznatog naelektrisanja Q_2 i $Q_3 = 2 \times 10^{-11} \text{ C}$, zauzimaju u vazduhu položaj kako je prikazano na slici. Rastojanje između tačaka označenih sa 1 i 3 je $r_{13} = 5 \text{ cm}$. Odrediti položaj i naelektrisanje Q_2 tako da se sva tela, pod dejstvom Kulonovih sila, nalaze u mirovanju.



ELEKTROSTATIČKO POLJE

Šta je elektrostatičko polje?

Fizičko stanje u okolini naelektrisanih tela koje se manifestuje silom koja deluje na probno opterećenje u mirovanju, uneto u polje, naziva se elektrostatičko polje ukoliko ta naelektrisana tela miruju. Ukoliko se naelektrisana tela kreću, to polje se naziva električno. Priroda ovih polja je ista.

Šta je vektor jačine elektrostatičkog polja?

Vektorska veličina koja kvantitativno određuje električno polje. Ima isti pravac i smer kao elektrostatička sila:

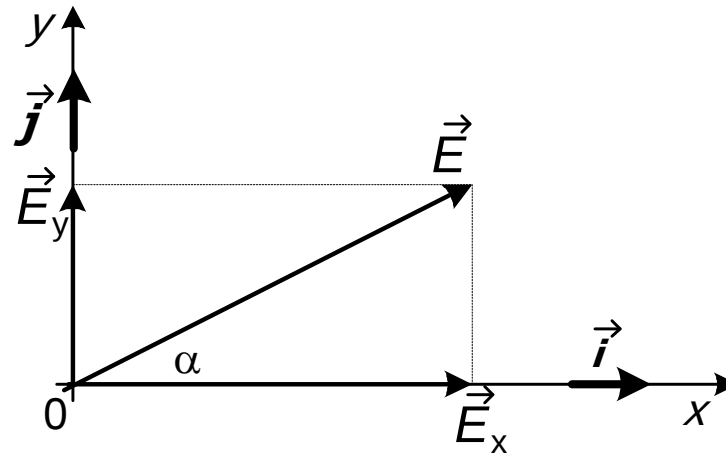
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_p}$$

Šta je probno opterećenje Q_p ?

To je tačkasto naelektrisanje koje koristimo u eksperimentima, a tako je osmišljeno da ne utiče na rezultate eksperimenta. Znači: uvek je pozitivno i barem dva reda veličine (barem 100 puta) manjeg naelektrisanja od ostalih naelektrisanja u okolini.

Šta je x komponenta vektora polja, a šta je y komponenta vektora polja?

To su projekcije vektora polja na x i y ose koordinatnog sistema u ravni.



$$\vec{E}_x = |\vec{E}_x| \cdot \vec{i} = |\vec{E}| \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i}$$

$$\vec{E}_y = |\vec{E}_y| \cdot \vec{j} = |\vec{E}| \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j}$$

gde su : $\vec{i}$ - jedinični vektor x-ose (on definiše pravac i smer x-ose)

$\vec{j}$ - jedinični vektor y-ose (on definiše pravac i smer y-ose)

$|\vec{E}|$ - intenzitet vektora $\vec{E}$

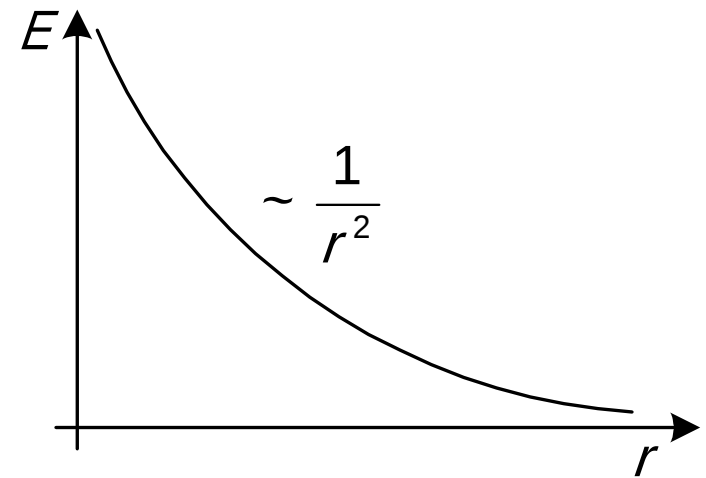
$|\vec{E}_x|$ - intenzitet projekcije vektora $\vec{E}$ na x -osu

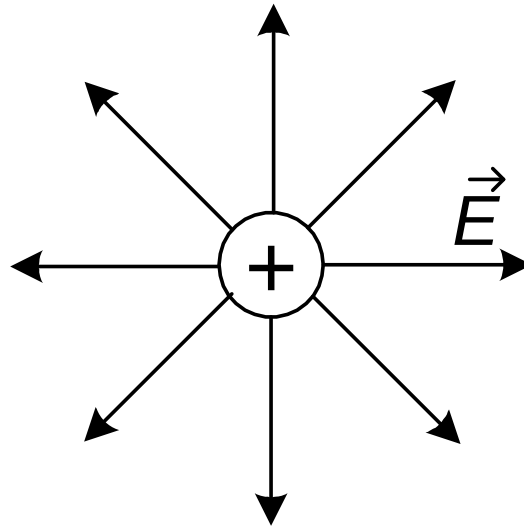
$|\vec{E}_y|$ - intenzitet projekcije vektora $\vec{E}$ na y - osu

Kakvo je polje u okolini tačkastog naelektrisanja?

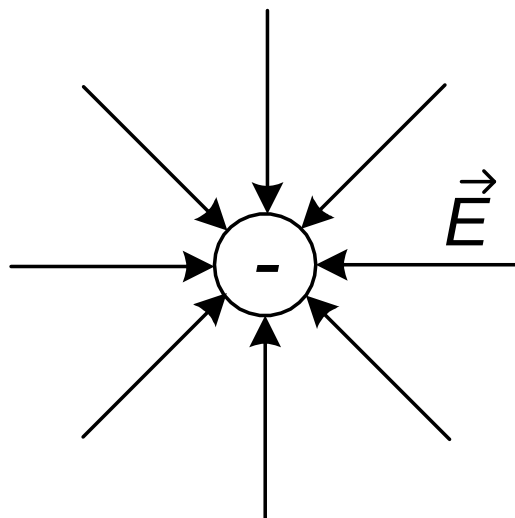
Radijalno i opada sa kvadratom rastojanja u svim pravcima.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_p} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot Q_p}{r^2} \cdot \vec{r}_0}{Q_p} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \vec{r}_0$$





**linije elektrostatičkog polja uvek su
usmerene od pozitivnog naelektrisanja**



linije elektrostatičkog polja uvek su usmerene ka negativnom naelektrisanju

Šta su to linije elektrostatičkog polja?

**Linije na koje je vektor elektrostatičkog polja
tangentan u svakoj tački.**

Koliko je elektrostatičko polje u tački A u okolini nekoliko tačkastih naelektrisanja?

Elektrostatičko polje u tački A jednako je vektorskom zbiru elektrostatičkih polja koja stvaraju pojedina naelektrisanja u tački A (princip superpozicije). Na primer: u tački A u okolini tri tačkasta naelektrisanja elektrostatičko polje je:

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Koja je jedinica za jačinu elektrostatičkog polja?

$$\frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{ili} \quad \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

ZADACI:

2.1 a) Odrediti vektor jačine elektrostatičkog polja na rastojanju $r = 0.2$ m od tačkastog naelektrisanja

$$Q_1 = 4 \cdot 10^{-11} \text{ C.}$$

b) Ako se u tačku na rastojanju $r = 0.2$ m od tačkastog naelektrisanja Q_1 postavi tačkasto naelektrisanje $Q_2 = 6 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ odrediti silu (njen intenzitet, pravac i smer) koja deluje na naelektrisanje Q_2 ?

c) Odrediti silu koja bi delovala na tačkasto naelektrisanje $Q_3 = - 6 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ postavljeno u istu tačku.

d) Uraditi isti zadatak pod a), b) i c) ako je $Q_1 = - 4 \cdot 10^{-11} \text{ C}.$

2.2 Koliki je intenzitet sile koja deluje na tačkasto naelektrisanje $Q = 10 \text{ pC}$ koje se nalazi u tački u kojoj je jačina elektrostatičkog polja $E = 3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$?

2.3 Dva tačkasta naelektrisanja $Q_1 = 1 \text{ pC}$ i $Q_3 = 3 \text{ pC}$ nalaze se na rastojanju $r_{13} = 5 \text{ cm}$ u vazduhu.

a) Odrediti vektor jačine elektrostatičkog polja u tački A koja se nalazi na pravoj između ova dva naelektrisanja, a udaljena je od naelektrisanja Q_1 za $r_{12} = 2 \text{ cm}$.

b) Odrediti silu (njen pravac, smer i intenzitet) koja deluje na naelektrisanje $Q_2 = 2 \text{ pC}$ koje je postavljeno u tačku A.

2.4 Položaj dva tačkasta tela naelektrisanja $Q_1 = -4 \times 10^{-11} \text{ C}$ i $Q_2 = -6 \times 10^{-11} \text{ C}$, koja se nalaze u vazduhu, određen je tačkama $P_1 (-1 \text{ cm}, 0)$ i $P_2 (2 \text{ cm}, 0)$. Kada se tela dodirnu, a zatim vrate u prvobitne položaje, vektor jačine električnog polja u tački $P (0, 1 \text{ cm})$ ima samo komponentu u pravcu y ose ($\vec{E} = E_y \vec{j}$). Odrediti naelektrisanja tela posle dodira.

ELEKTROSTATIČKI POTENCIJAL

Šta je elektrostatički potencijal neke tačke?

**Količnik elektrostatičke potencijalne energije
probnog naelektrisanja u toj tački i njegove količine
naelektrisanja**

$$V = \frac{W_e}{Q_p}$$

Kako se izračunava u opštem slučaju?

Kao linijski integral vektora elektrostatičkog polja duž bilo koje putanje, računato od tačke čiji potencijal tražimo pa do referentne tačke.

$$V_A = \int_A^R \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Šta je referentna tačka?

**To je tačka u odnosu na koju se elektrostatički potencijal određuje. Ona se može proizvoljno izabrati, ali se najčešće za referentnu tačku uzima tačka u beskonačnosti.
Često se ta tačka zove i tačka nultog potencijala.**

A zašto?

Zato što je elektrostatički potencijal referentne tačke 0V.

Kako se izračunava elektrostatički potencijal neke tačke A na rastojanju r_A tačkastog naelektrisanja Q ?

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r_A}$$

Koja je jedinica za elektrostatički potencijal?

Volt [V].

Šta je razlika elektrostatičkih potencijala?

Napon.

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

Zašto je uopšte uvedena razlika potencijala kao potpuno nova fizička veličina?

Zato što elektrostatički potencijal zavisi od izbora referentne tačke, a napon ne.

$$V_A - V_B = \int_A^R \vec{E} \cdot d\vec{l} - \int_B^R \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_A^R \vec{E} \cdot d\vec{l} - \left(- \int_R^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \right) = \int_A^R \vec{E} \cdot d\vec{l} + \int_R^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = U_{AB}$$

Koja je jedinica za napon?

Volt [V].

$$U_{AB} = - U_{BA}$$

Zašto?

$$U_{AB} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \left(- \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \right) = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l} = -U_{BA}$$

Na primer: ako je napon

$$U_{12} = 10V$$

onda je napon

$$U_{21} = -10V$$

Ako je napon

$$U_{MN} = -50V$$

onda je napon

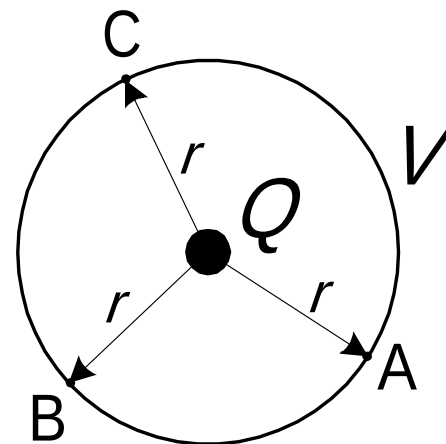
$$U_{NM} = 50V$$

Šta je ekvipotencijalna površina?

Površina čije su sve tačke na istom potencijalu.

Primer:

$$\left. \begin{aligned} V_A &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} \\ V_B &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} \\ V_C &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_A = V_B = V_C$$



Pošto su sve tačke ove sfere na istom rastojanju od naelektrisanja Q, onda je i njihov elektrostatički potencijal isti. Zato ova sfera predstavlja ekvipotencijalnu površinu.

ZADACI:

3.1 Odrediti potencijal tačke koja se nalazi na rastojanju $r_1 = 0,2$ m od tačkastog naelektrisanja $Q_1 = 4 \cdot 10^{-11}$ C u odnosu na referentnu tačku u beskonačnosti.

**3.2 Odrediti potencijal tačke koja se nalazi na
rastojanju $r_2 = 0.4$ m od tačkastog naelektrisanja
 $Q_2 = - 6 \cdot 10^{-11}$ C u odnosu na referentnu tačku u
beskonačnosti.**

**3.3 Odrediti potencijal tačke koja se nalazi na
rastojanju $r_1 = 0.2$ m od tačkastog naelektrisanja
 $Q_1 = 4 \cdot 10^{-11}$ C i na rastojanju $r_2 = 0.4$ m od
tačkastog naelektrisanja $Q_2 = -6 \cdot 10^{-11}$ C u
odnosu na referentnu tačku u beskonačnosti.**

3.4 Odrediti napon između tačke koja se nalazi na rastojanju $r_1 = 0.1$ m od tačkastog naelektrisanja $Q = 3$ nC i tačke koja se nalazi na rastojanju $r_2 = 0.2$ m.

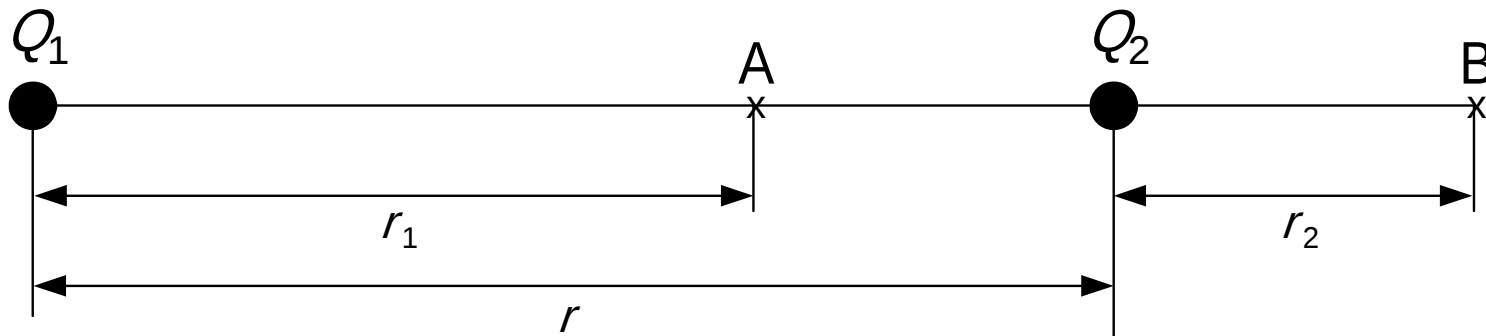
3.5 Dva mala naelektrisana tela naelektrisanja $Q_1 = 4 \text{ pC}$ i $Q_2 = 2 \text{ pC}$, nalaze se u vazduhu na rastojanju $r = 30 \text{ cm}$, kao na slici.

a) Odrediti vektor jačine elektrostatičkog polja u tački A koja se nalazi na pravoj između ova dva naelektrisanja, a udaljena je od naelektrisanja Q_1 za $r_1 = 20 \text{ cm}$.

b) Odrediti vektor jačine elektrostatičkog polja u tački B koja se nalazi na pravoj koju određuju ova dva naelektrisanja, sa strane naelektrisanja Q_2 , a udaljena je od njega za $r_2 = 10 \text{ cm}$.

c) Odrediti potencijale tačaka A i B.

- d) Odrediti napon U_{AB} . Koliki je napon U_{BA} ?
- e) Odrediti silu (njen pravac, smer i intenzitet) koja bi delovala na naelektrisanje $Qp_A = 1 \text{ pC}$ kada bi se postavilo u tačku A.
- f) Odrediti silu (njen pravac, smer i intenzitet) koja bi delovala na naelektrisanje $Qp_B = -1 \text{ pC}$ kada bi se postavilo u tačku B.



3.6 Uraditi prethodni zadatak za vrednosti naelektrisanja $Q_1 = -4 \text{ pC}$ i $Q_2 = 2 \text{ pC}$.

**3.7 Ako je napon između tačaka A i B, $U_{AB} = 10 \text{ V}$,
a napon između tačaka B i C, $U_{BC} = 3 \text{ V}$, koliki je
napon U_{AC} ?**

GAUSOV ZAKON

Kako glasi Gausov zakon?

Izlazni fluks vektora jačine elektrostatičkog polja kroz bilo koju zamišljenu zatvorenu površinu jednak je količniku ukupnog slobodnog naelektrisanja obuhvaćenog tom površinom i dielektrične konstante vakuma ϵ_0 :

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Šta se izračunava Gausovim zakonom?

Vektor elektrostatičkog polja
 $\vec{E}$

U kojoj sredini važi Gausov zakon?

U vakuumu. Približno važi i u vazduhu.

A u drugim dielektričnim sredinama?

**U drugim dielektričnim sredinama važi
uopšteni Gausov zakon.**

Pa u čemu je razlika? Zašto dva zakona?

Uopšteni Gausov zakon važi za sve dielektrične sredine pa i za vazduh i vakuum. On uključuje i polarizaciju dielektrika.

Kako glasi?

Izlazni fluks vektora $\vec{D}$ električne indukcije (dielektričnog pomeraja) kroz bilo koju zatvorenu zamišljenu površinu jednak je ukupnom slobodnom naelektrisanju obuhvaćenom tom površinom.

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q$$

Koja su naelektrisanja slobodna?

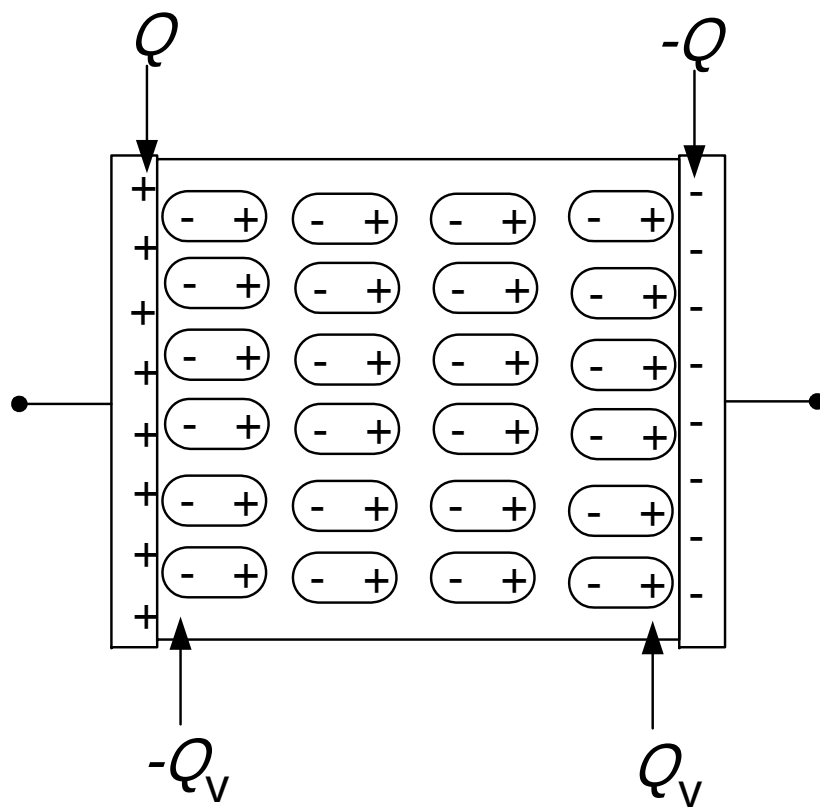
Na primer: elektroni u provodniku.

**Da li to znači da postoje i vezana
naelektrisanja?**

**Da. To su ona naelektrisanja koja se
izdvajaju uz samu ivicu dielektrika unetog
u polje. Vezana naelektrisanja su
posledica polarizacije dielektrika.**

Šta je polarizacija dielektrika?

Pojava pri kojoj dolazi do razdvajanja centara pozitivnih i negativnih naelektrisanja u atomu dielektrika. Od neutralnih atoma stvaraju se električni dipoli i orijentišu se u smeru polja u koje smo uneli dielektrik, kao što je prikazano na slici. Spolja gledano pozitivni i negativni krajevi susednih dipola u dielektriku se poništavaju. Ostaju neponištena samo vezana naelektrisanja u sloju dielektrika neposredno uz površinu. Negativna su u onom sloju koji je najbliži pozitivnom izvoru polja, a pozitivna naelektrisanja su na suprotnom kraju dielektrika (koji je najbliži negativnom izvoru elektrostatickog polja).



Šta je vektor električne indukcije?

Vektorska veličina koja objedinjuje vektor polja i polarizaciju dielektrika unetog u polje.

**U linearnim homogenim dielektricima vektor
električne indukcije $\vec{D}$**

linearno zavisi od vektora jačine polja $\vec{E}$

**a linearnost je izražena preko apsolutne
dielektrične konstante ε .**

$$\vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

gde je:

ε	apsolutna dielektrična konstanta,
ε_0	dielektrična konstanta vakuuma i vazduha,
ε_r	relativna dielektrična konstanta.

Koje su jedinice za ove tri dielektrične konstante?

Jedinica za dielektričnu konstantu vakuma ϵ_0 je:

$$\frac{C^2}{Nm^2}$$

ili

$$\frac{F}{m}$$

Relativna dielektrična konstanta ϵ_r je neimenovan broj. Znači nema jedinicu.

Samim tim se iz formule vidi da je jedinica za apsolutnu dielektričnu konstantu ϵ ista kao za ϵ_0 , dakle

$$\frac{C^2}{Nm^2}$$

ili

$$\frac{F}{m}$$

ZADACI:

4.1 Odrediti vektor jačine električnog polja u okolini beskonačne tanke ravnomerno naelektrisane ploče u vazduhu.

PROVODNICI

Šta su provodnici?

**Vrsta materijala u kojima i na sobnoj temperaturi
postoji veliki broj slobodnih nosilaca
naelektrisanja**

Postoje provodnici prve i druge vrste.

Provodnici prve vrste su metali, a nosioci naelektrisanja u njima su elektroni.

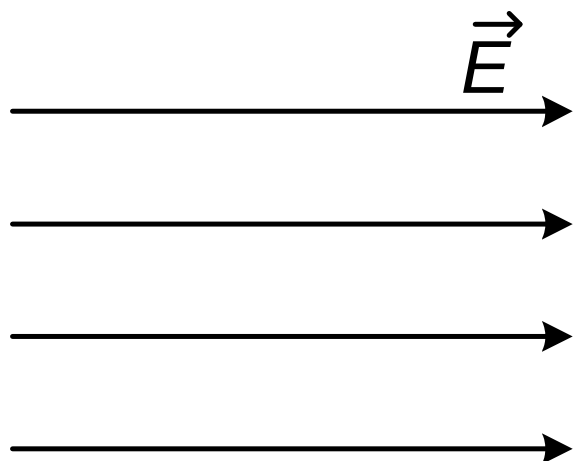
Provodnici druge vrste su elektroliti.

Elektroliti su rastvori kiselina, baza i soli. Nosioci naelektrisanja u njima su joni (pozitivni i negativni).

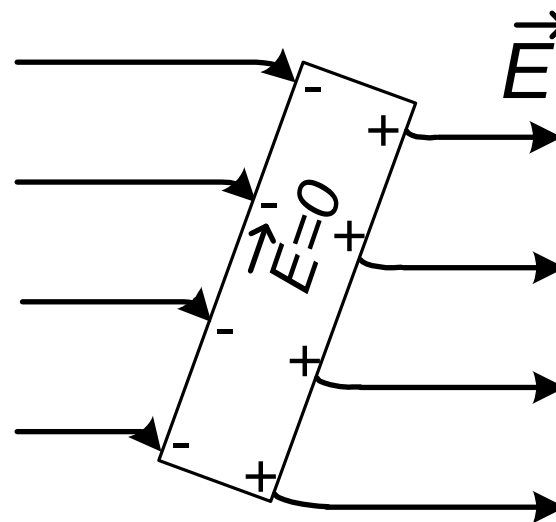
Šta se dešava kada se metalna šipka unese u elektrostatičko polje?

U provodniku dolazi do razdvajanja pozitivnog i negativnog naelektrisanja uz samu površinu provodnika (negativna naelektrisanja se izdvajaju prema pozitivnom izvoru elektrostatičkog polja). Ova pojava zove se elektrostatička indukcija. Stvara se unutrašnje polje između tih naelektrisanja. To polje se poništava sa spoljašnjim poljem tako da u provodniku nema elektrostatičkog polja.

Linije elektrostatičkog polja menjaju pravac tako da ulaze u provodnik i izlaze iz njega pod pravim uglom.



**elektrostatičko polje
pre unošenja
metalne ploče**

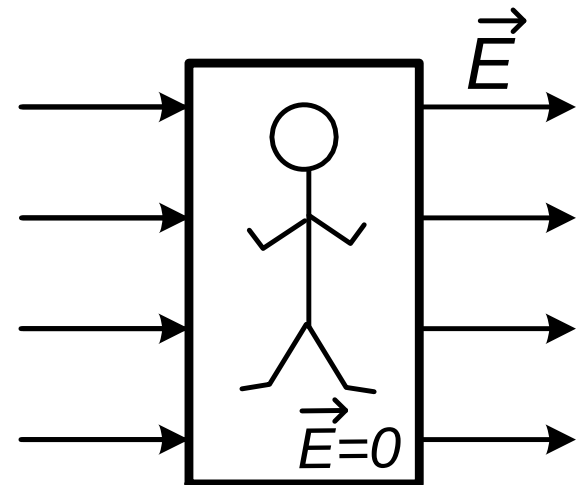


**elektrostatičko polje
nakon unošenja
metalne ploče**

Šta je Faradejev kavez?

Metalni kavez zatvoren sa svih strana u kome kada ga unesemo u spoljašnje električno polje nema polja. To je posledica činjenice da se u provodniku koji unesemo u spoljašnje elektrostatičko polje unutrašnje elektrostatičko polje poništava.

Faradejev kavez služi za zaštitu ljudi i opreme od uticaja električnog polja (groma i slično). Automobil je primer Faradejevog kaveza.



KONDENZATORI

Šta je kondenzator?

Kondenzator je sistem od dve provodne elektrode između kojih je ubačen dielektrik.

Kondenzatori se razlikuju:

- po obliku**
- po vrsti dielektrika između elektroda**
- po vrsti metala od kog su napravljene elektrode.**

Koja je najvažnija karakteristika kondenzatora?

Kapacitivnost

Od čega zavisi kapacitivnost?

Od oblika, dimenzija kondenzatora i vrste dielektrika u njemu.

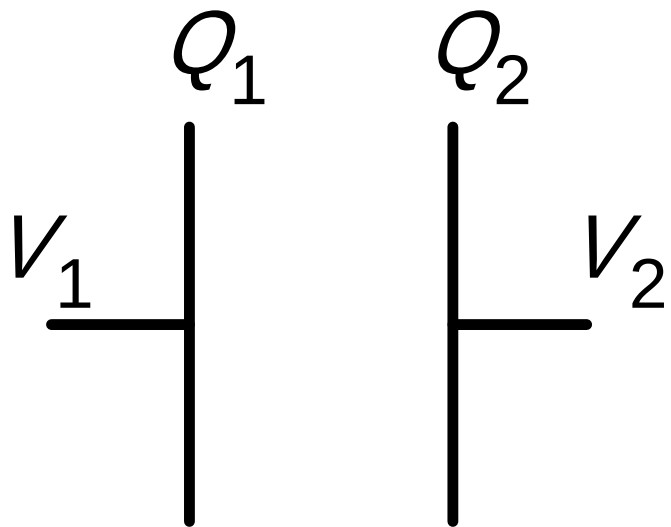
Kada se elektrode kondenzatora priključe na razliku elektrostatičkog potencijala doći će do procesa njihovog naelektrisanja.

Ona elektroda koja je priključena na viši elektrostatički potencijal naelektrisaće se pozitivno, a ona druga koja je priključena na niži potencijal, naelektrisaće se negativno.

Taj prelazni proces naelektrisanja kondenzatora trajaće sve dok se elektrode ne naelektrišu tolikom količinom naelektrisanja da je zadovoljena relacija:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Ova relacija važi uvek i za sve tipove kondenzatora.



$$V_1 > V_2$$

$$Q_1 > 0$$

$$Q_2 < 0$$

Naelektrisanja na elektrodama kondenzatora su uvek jednakog intenziteta, a suprotnog znaka.

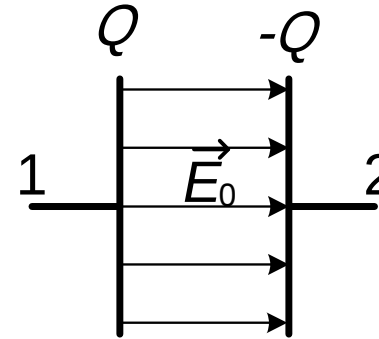
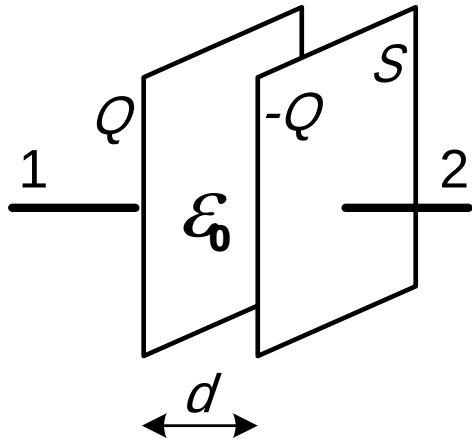
$$Q_1 = -Q_2$$

nezavisno od oblika kondenzatora.

Kada se kondenzator naelektriše i odvoji od izvora napajanja na njegovim elektrodama ostaje konstantan napon.

Mi proučavamo samo pločast kondenzator. U njemu je elektrostatičko polje homogeno što znači da je vrednost polja ista u svakoj tački. Linije takvog polja su paralelne.

VAZDUŠNI PLOČAST KONDENZATOR



Elektrostatičko polje u kondenzatoru je: $E_0 = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

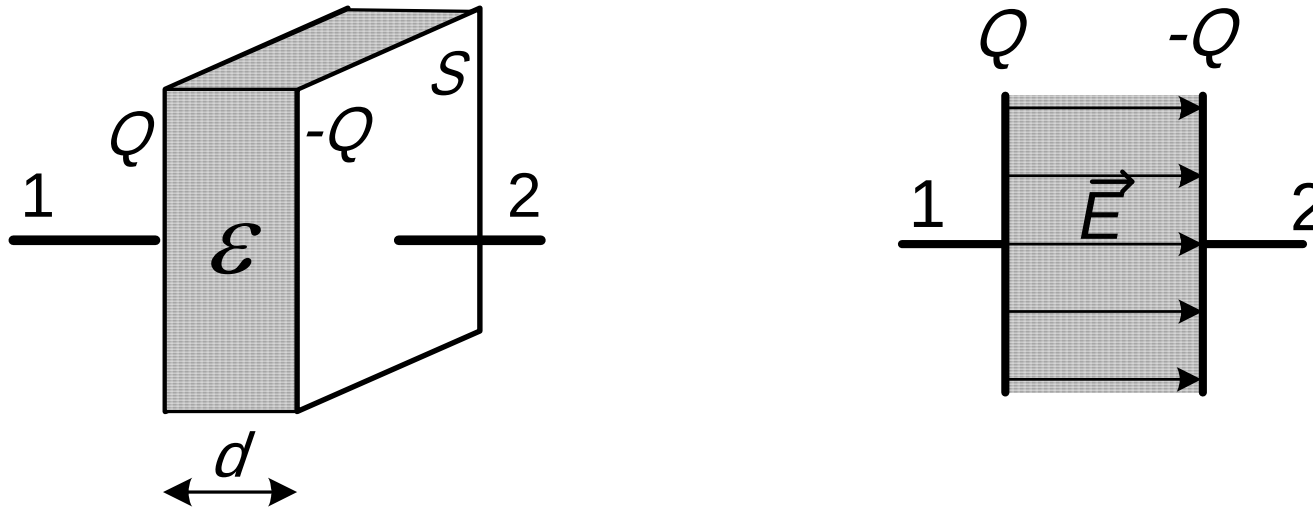
Napon na krajevima kondenzatora je:

$$U = E \cdot d = \frac{Q}{\epsilon_0 S} d$$

Kapacitivnost kondenzatora je: $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

gde je : **S** površina elektrode
 d rastojanje između elektroda
 ϵ_0 dielektrična konstanta vakuuma

PLOČAST KONDENZATOR SA DIELEKTRIKOM



Elektrostatičko polje u kondenzatoru je:

$$\mathbf{E} = \frac{Q}{\epsilon \cdot \mathbf{S}} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot \mathbf{S}}$$

Napon na krajevima kondenzatora je:

$$\boldsymbol{U = E \cdot d = \frac{Q}{\varepsilon \cdot S} d = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot S} d}$$

Kapacitivnost kondenzatora je:

$$\boldsymbol{C = \frac{Q}{U} = \frac{\varepsilon \cdot S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot S}{d}}$$

gde je :

- S** površina elektrode
- d** rastojanje između elektroda
- ϵ** apsolutna dielektrična konstanta
- ϵ_r** relativna dielektrična konstanta

Kapacitivnost kondenzatora može se povećati ako se:

- poveća površina elektroda**
- smanji rastojanje između elektroda**
- upotrebi dielektrik sa što većom dielektričnom konstantom.**

Postoje kondenzatori sa:

- čvrstim dielektrikom (papir, liskun, polimeri, keramike, staklo)**
- tečnim dielektrikom (prirodna i sintetička ulja)**
- gasovitim dielektrikom (vazduh).**

Koja je jedinica za kapacitivnost?

Farad (F)

Ponekad se kondenzatori povezuju u grupu.

Šta znači transfigurisati grupu kondenzatora?

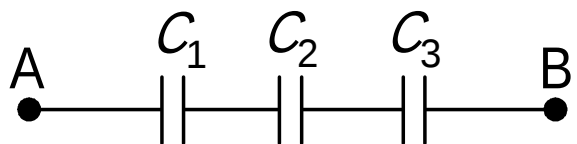
To znači naći ekvivalentnu kapacitivnost kondenzatora koja bi zamenila celu grupu.

REDNA VEZA



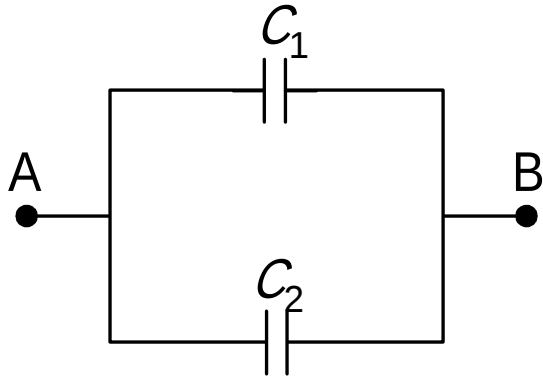
$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \Rightarrow \quad C_{AB} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Karakteristika redne veze je da su elementi vezani u istoj grani, što znači da kondenzatori imaju istu količinu naelektrisanja na elektrodama, pod uslovom da nisu bili opterećeni pre nego što su vezani u kolo.



$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad \Rightarrow$$
$$C_{AB} = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3}$$

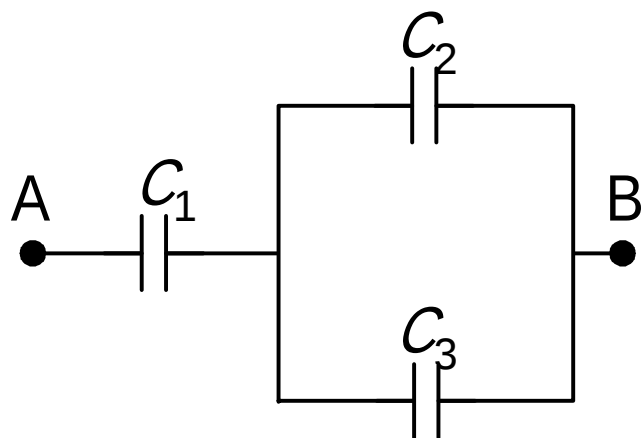
PARALELNA VEZA



$$C_{AB} = C_1 + C_2$$

Karakteristika paralelne veze je da su elementi vezani između dve iste tačke, što znači da je napon na njima isti.

MEŠOVITA VEZA



$$C_{AB} = \frac{(C_2 + C_3)C_1}{C_1 + C_2 + C_3}$$

ZADACI:

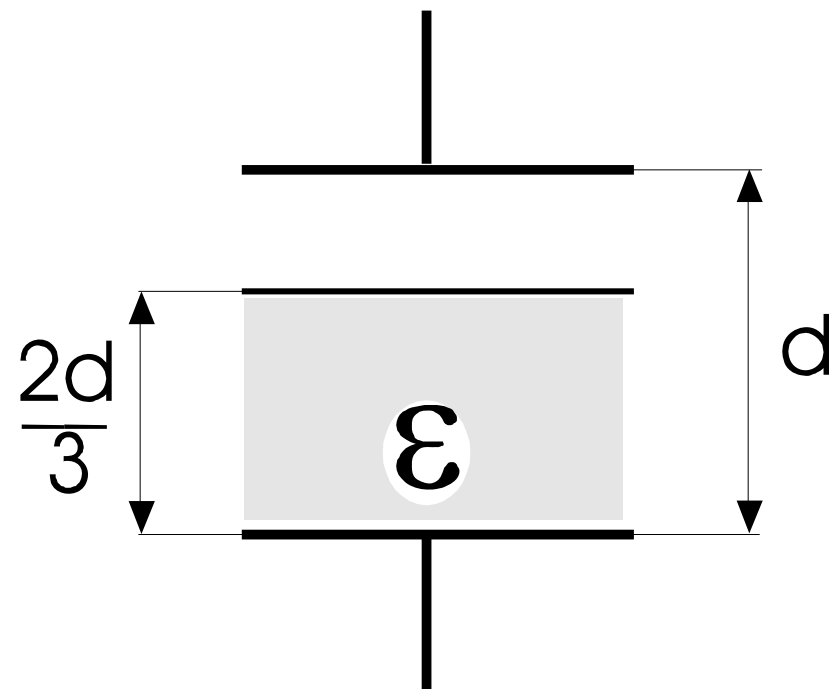
6.1 Odrediti kapacitivnost pločastog vazdušnog kondenzatora površine elektroda $S = 20 \text{ cm}^2$, koje se nalaze na rastojanju $d = 1 \text{ cm}$.

6.2 Rastojanje između elektroda pločastog vazdušnog kondenzatora je $d = 3 \text{ mm}$, a površina elektroda je $S = 9 \text{ cm}^2$.

- a) Odrediti kapacitivnost kondenzatora C_0**
- b) Odrediti kapacitivnost kondenzatora C posle ubacivanja metalne ploče debljine $d_1 = 1 \text{ mm}$ između elektroda paralelno sa njima (površina ploče je jednaka površini elektroda).**

6.3 Za ravan vazdušni kondenzator, čije je rastojanje između elektroda d , probojni napon (napon pri kome je polje u dielektriku jednako masimalno dozvoljenom polju za taj dielektrik) iznosi $U_c = 15\text{kV}$. Između elektroda kondenzatora ubaci se dielektrična ploča debljine $d_1 = \frac{2}{3} d$ i relativne dielektrične konstante $\epsilon_r=2$, koja ima mnogo veće maksimalno dozvoljeno polje od vazduha.

- a) Izračunati električno polje u vazduhu i dielektričnoj pločici za slučaj da je kondenzator priključen na napon U_c .**
- b) Odrediti probojni napon U_c ' ovog kondenzatora .**



ENERGIJA ELEKTROSTATIČKOG POLJA

Šta je energija kondenzatora?

To je energija koju poseduje kondenzator. Jednaka je radu uloženom za naelektrisanje elektroda kondenzatora. Energija kondenzatora može se izračunati prema obrascima:

$$W_e = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{U}$$

Energija elektrostatičkog polja može da se izrazi i preko zapreminske gustine energije w_e :

$$**$W_e = \int_V w_e \cdot dV$**$$

gde je:

$$**$w_e = \frac{1}{2} \mathbf{D} \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{2} \varepsilon \cdot \mathbf{E}^2 = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{D}^2}{\varepsilon}$**$$

Koja je jedinica za energiju u elektrostatičkom polju?

Džul [J].

ZADACI:

7.1 Odrediti kapacitivnost pločastog vazdušnog kondenzatora površine elektroda $S = 20 \text{ cm}^2$, koje se nalaze na rastojanju $d = 1 \text{ cm}$.

7.2 Dve jednake metalne ploče naelektrisane su jednakim količinama naelektrisanja suprotnog znaka, $Q = 8 \text{ pC}$. Ploče su postavljene paralelno jedna drugoj u vazduhu, na međusobnom rastojanju $d = 2 \text{ mm}$. Površina ploča je $S = 20 \text{ cm}^2$.

a) Nacrtati grafik zavisnosti električnog polja u zavisnosti od rastojanja od pozitivne elektrode.

b) Odrediti napon između ploča.

c) Odrediti kapacitivnost kondenzatora.

d) Odrediti energiju kondenzatora.

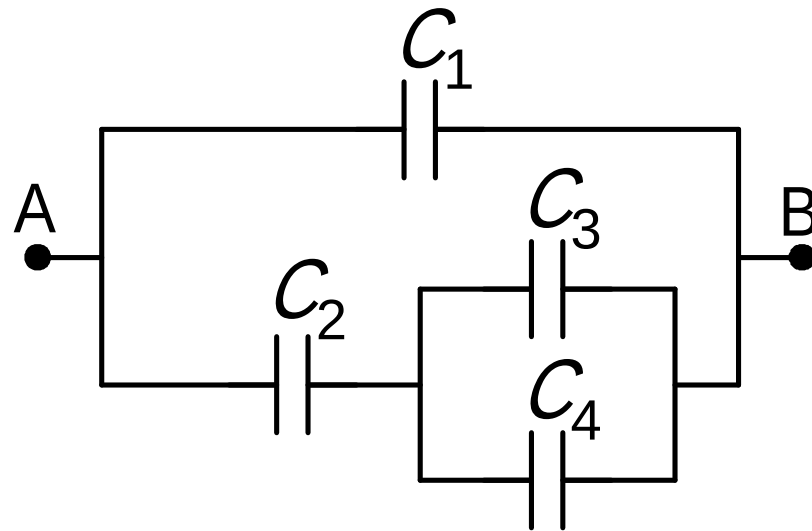
7.3 Odrediti energiju vazdušnog pločastog kondenzatora čija je površina elektroda $S = 10 \text{ cm}^2$, a rastojanje između elektroda $d = 1 \text{ mm}$, ako je napon između elektroda $U = 5 \text{ V}$. Odrediti količinu naelektrisanja na elektrodama.

7.4 Energija pločastog vazdušnog kondenzatora je $W_e = 5 \text{ pJ}$. Kondenzator je priključen na napon $U = 5 \text{ V}$. Rastojanje između ploča kondenzatora je $d = 2 \text{ cm}$. Odrediti:

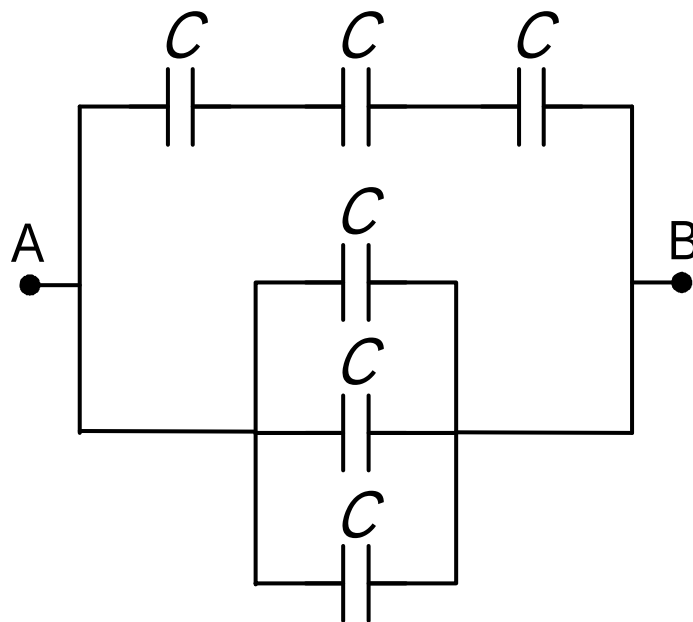
- a) jačinu elektrostatičkog polja u kondenzatoru**
- b) količinu naelektrisanja na elektrodama**
- c) kapacitivnost kondenzatora.**

**7.5 Energija pločastog kondenzatora je $W_e = 25 \text{ pJ}$.
Kondenzator je priključen na napon $U = 10 \text{ V}$.
Površina ploča kondenzatora je $S = 10 \text{ cm}^2$.
Odrediti jačinu elektrostatickog polja u
kondenzatoru.**

7.6 Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost C_e grupe kondenzatora prikazane na slici, ako je $C_1 = 20 \text{ nF}$, $C_2 = 30 \text{ nF}$, $C_3 = 45 \text{ nF}$, $C_4 = 15 \text{ nF}$.



7.7 Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost C_e grupe kondenzatora prikazane na slici, ako je $C = 30 \text{ pF}$.



**7.8 Dva kondenzatora, $C_1 = 100 \text{ nF}$ i $C_2 = 25 \text{ nF}$,
vezana su paralelno i priključena na napon
 $U_{AB} = 10 \text{ V}$.**

- a) Odrediti količine naelektrisanja na pojedinim kondenzatorima, kao i količinu naelektrisanja na ekvivalentnom kondenzatoru priključenom na isti napon.**
- b) Odrediti energije pojedinih kondenzatora, kao i energiju ekvivalentnog kondenzatora priključenog na isti napon.**

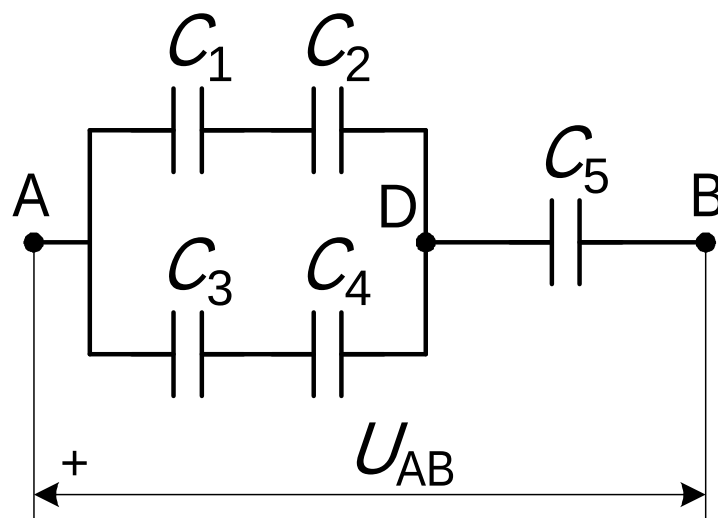
7.9 Dva kondenzatora, $C_1 = 100 \text{ nF}$ i $C_2 = 25 \text{ nF}$, vezana su redno i priključena na napon $U_{AB} = 10 \text{ V}$.

- a) Odrediti količine naelektrisanja na pojedinim kondenzatorima, kao i količinu naelektrisanja na ekvivalentnom kondenzatoru priključenom na isti napon.**
- b) Odrediti napone na pojedinim kondenzatorima.**
- c) Odrediti energije pojedinih kondenzatora, kao i energiju ekvivalentnog kondenzatora priključenog na isti napon.**

**7.10 Veza kondenzatora prikazana na slici
priključena je na napon $U_{AB} = 80 \text{ V}$. Kapacitivnosti
kondenzatora su:**

$$C_1 = 15 \text{ pF}, C_2 = 30 \text{ pF}, C_3 = 30 \text{ pF}, \\ C_4 = 60 \text{ pF}, C_5 = 10 \text{ pF}.$$

- a) Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost veze C_e**
- b) Izračunati napon U_5 na kondenzatoru C_5**
- c) Izračunati energiju W_{e2} kondenzatora C_2**

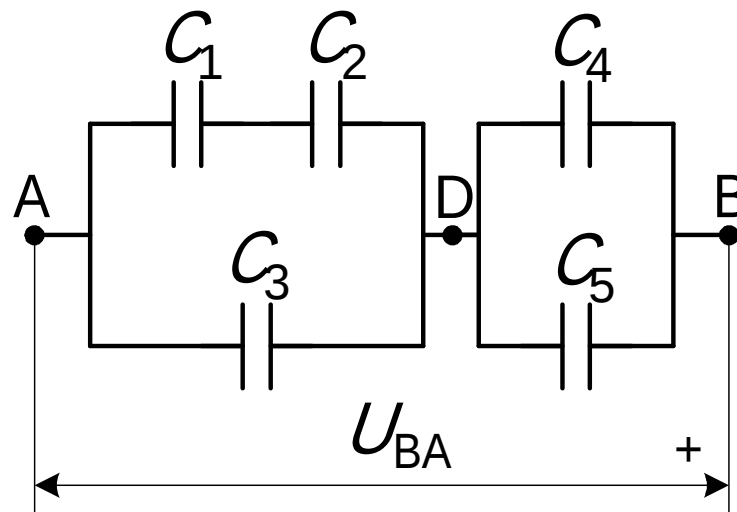


**7.11 Veza kondenzatora prikazana na slici
priključena je na napon $U_{BA} = 60 \text{ V}$.**

Kapacitivnosti kondenzatora su:

$$C_1 = 10 \text{ pF}, C_2 = 30 \text{ pF}, C_3 = 12.5 \text{ pF}, \\ C_4 = 10 \text{ pF}, C_5 = 20 \text{ pF}.$$

- a) Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost veze C_e .**
- b) Izračunati napone, količine naelektrisanja i energije svih kondenzatora.**

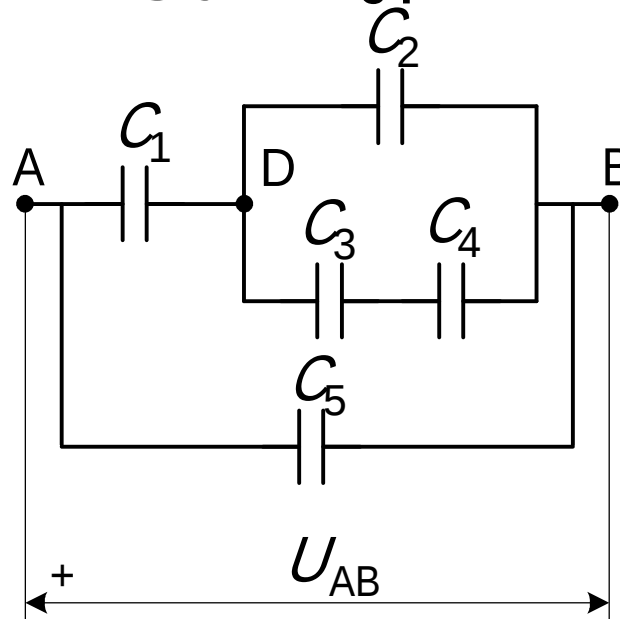


**7.12 Veza kondenzatora prikazana na slici
priključena je na napon $U_{AB} = 50 \text{ V}$.**

Kapacitivnosti kondenzatora su:

$$C_1 = 20 \text{ pF}, C_2 = 12 \text{ pF}, C_3 = 40 \text{ pF}, \\ C_4 = 18 \text{ pF}, C_5 = 15 \text{ pF}.$$

- a) Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost veze C_e .**
- b) Izračunati napon U_1 na kondenzatoru C_1 .**
- c) Izračunati energiju W_{e4} kondenzatora C_4 .**



7.13 Za kolo na slici poznato je: $C_1 = 60 \mu\text{F}$,

$C_2 = 15 \mu\text{F}$, $C_4 = 10 \mu\text{F}$, $C_5 = 30 \mu\text{F}$, $C_6 = 15 \mu\text{F}$.

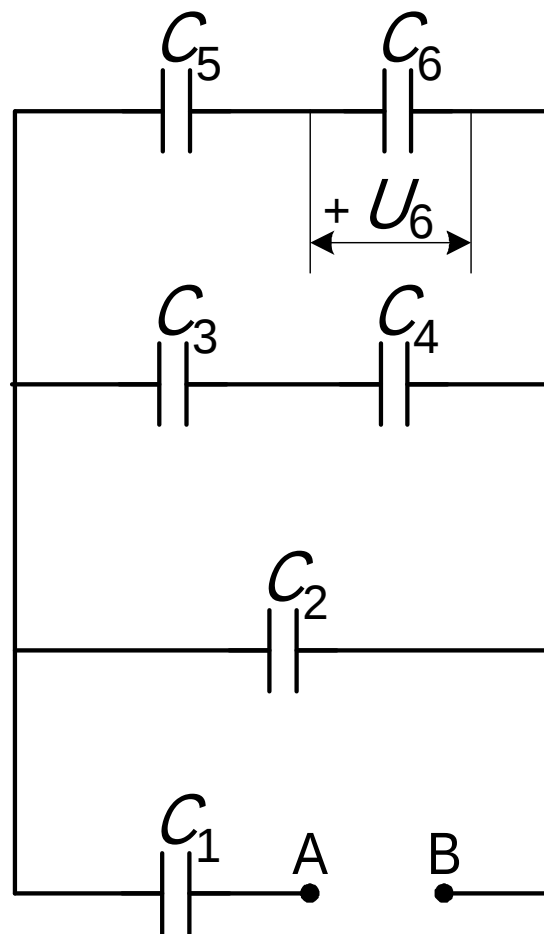
**Napon na kondenzatoru C_6 je $U_6 = 5 \text{ V}$, dok je
elektrostatička energija kondenzatora C_4**

$$W_{e4} = 45 \cdot 10^{-4} \text{ J} .$$

a) Odrediti kapacitivnost kondenzatora C_3

b) Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost veze C_e

c) Izračunati napon U_{AB}

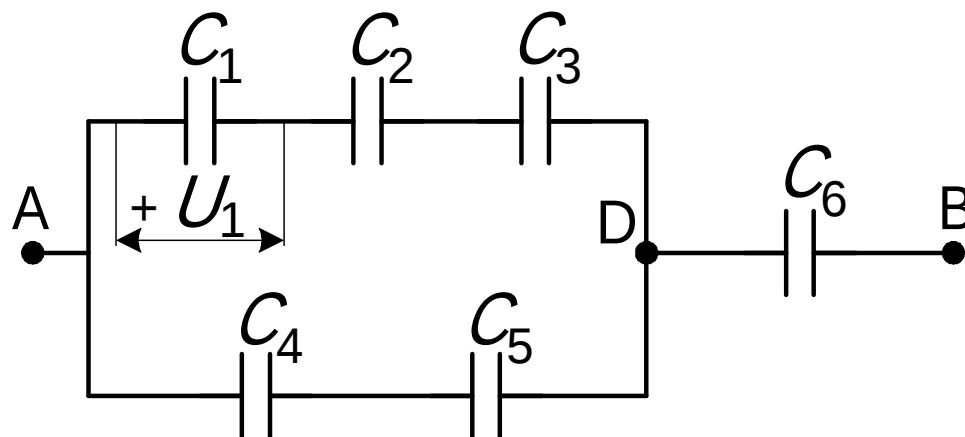


7.14 Kapacitivnosti kondenzatora vezanih kao na slici su: $C_1 = 20 \mu\text{F}$, $C_2 = 20 \mu\text{F}$, $C_3 = 10 \mu\text{F}$, $C_4 = 15 \mu\text{F}$, $C_5 = 30 \mu\text{F}$, $C_6 = 10 \mu\text{F}$.

Napon na kondenzatoru C_1 je $U_1 = 5 \text{ V}$.

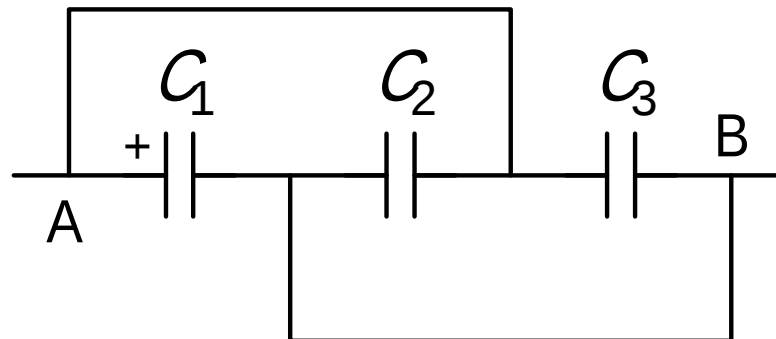
a) Izračunati ekvivalentnu kapacitivnost veze C_e .

b) Izračunati napon U_{AB} , kao i napone i količine naelektrisanja svih kondenzatora.



7.15 Kondenzatori kapacitivnosti $C_1 = 10 \text{ pF}$, $C_2 = 20 \text{ pF}$ i $C_3 = 50 \text{ pF}$ vezani su u grupu kao na slici. Odrediti:

- a) ekvivalentnu kapacitivnost veze C_e između tačaka A i B**
- b) napon U_{AB} ako je naelektrisanje na pozitivnoj elektrodi kondenzatora C_1 $Q_1 = 100 \text{ pC}$. Takođe odrediti količine naelektrisanja na kondenzatorima C_2 i C_3 .**



7.16 Rastojanje između elektroda pločastog vazdušnog kondenzatora je $d = 5 \text{ mm}$, a površina elektroda je S . Kapacitivnost kondenzatora je $C_0 = 100 \text{ pF}$. Između ploča kondenzatora, paralelno sa njima, ubaci se metalna ploča debljine $d_1 = 2 \text{ mm}$.

a) Odrediti promenu energije

ako je kondenzator bio priključen na napon $U_0 = 1000 \text{ V}$, posle opterećivanja isključen i zatim ubačena metalna ploča.

b) Odrediti promenu energije

i promenu količine naelektrisanja na elektrodama kondenzatora ako je kondenzator sve vreme priključen na napon $U_0 = 1000 \text{ V}$.

7.17 Dva ista pločasta vazдушna kondenzatora vezana su redno na napon $U = 400 \text{ V}$. Površina elektroda kondenzatora je $S = 27\pi$

cm^2 , a rastojanje između njih je $d = 4 \text{ mm}$. Ako se između elektroda jednog od kondenzatora ubaci metalna ploča debljine $d/2$, odrediti promene količine naelektrisanja i ukupne energije sadržane u ovim kondenzatorima.

7.18 Odrediti kapacitivnost pločastog kondenzatora ispunjenog dielektrikom relativne dielektrične konstante $\varepsilon_r = 2$.

Površina elektroda je $S = 20 \text{ cm}^2$. Elektrode se nalaze na rastojanju $d = 1 \text{ cm}$.

7.19 Rastojanje između elektroda pločastog vazdušnog kondenzatora je $d = 1 \text{ cm}$, a površina elektroda je $S = 72\pi \text{ cm}^2$. Kondenzator se ubaci u ulje relativne dielektrične konstante $\varepsilon_r = 3$

a) Odrediti promenu energije ΔW_e i promenu napona na kondenzatoru ΔU ako je kondenzator bio priključen na napon $U_0 = 1000\text{V}$, posle opterećivanja isključen i zatim ubačen u ulje.

b) Odrediti promenu energije ΔW_e i promenu količine naelektrisanja na elektrodama kondenzatora ΔQ ako je kondenzator sve vreme priključen na napon $U_0 = 1000 \text{ V}$.

7.20 Kada se u vazdušni pločasti kondenzator, koji je priključen na stalni napon U , ubaci dielektrik, energija kondenzatora se poveća 5 puta. Kolika je relativna dielektrična konstanta dielektrika?

7.21 Naelektrisanje na pločama vazdušnog kondenzatora je Q , a kondenzator je odvojen od izvora napona. Energija kondenzatora se smanji 3 puta po ubacivanju dielektrika. Kolika je relativna dielektrična konstanta dielektrika?

7.22 Kada se u vazdušni pločasti kondenzator kapacitivnosti $C = 30 \text{ pF}$, koji je priključen na stalni napon $U = 500 \text{ V}$, ubaci dielektrik, energija kondenzatora se promeni za $\Delta W_e = 7,5 \text{ } \mu\text{J}$.

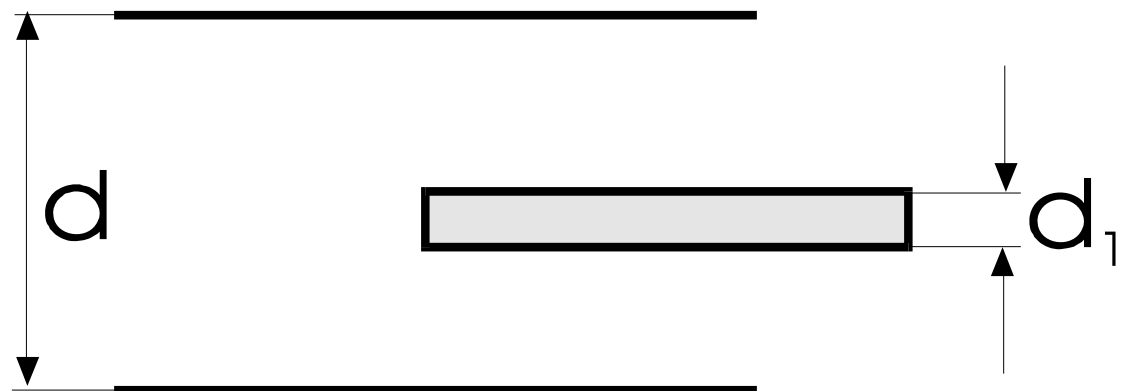
Kolika je relativna dielektrična konstanta dielektrika?

7.23 Rastojanje između elektroda pločastog vazdušnog kondenzatora je d , dok je kapacitivnost kondenzatora C . Odrediti promenu energije kondenzatora kada se između njegovih elektroda, do polovine, ubaci metalna ploča debljine $d_1 = d/3$, kao na slici. Zadatak rešiti za slučaj kada je kondenzator:

- a) priključen na stalni napon U**
- b) posle opterećivanja isključen sa izvora pa zatim ubačena metalna ploča.**

Napomena: efekat krajeva zanemariti.

Brojni podaci: $d = 3 \text{ mm}$, $C = 100 \text{ pF}$, $U = 1000 \text{ V}$.



PITANJA ZA PROVERU ZNANJA

1. Šta je Kulonova sila?

elektrostatička sila

magnetna sila

gravitaciona sila

2. Šta je elektrostatička sila?

**sila kojom međusobno deluju
naelektrisanja u mirovanju**

sila kojom deluju naelektrisanja koja se kreću

**sila kojom naelektrisanje koje miruje deluje na
naelektrisanje koje se kreće**

3. Koja je jedinica za Kulonovu silu?

N

$\frac{N}{C}$

V

4. Koja je jedinica za jačinu elektrostatičkog polja?

N

$\frac{N}{C}$

V

5. Koja je jedinica za elektrostatički potencijal?

N

$\frac{N}{C}$

V

6. Koja je jedinica za razliku elektrostatičkog potencijala?

N

$\frac{N}{C}$

V

7. Kakva je veličina Kulonova sila?

skalarna

vektorska

8. Kakva je veličina jačina električnog polja?

skalarna

vektorska

9. Kakva je veličina elektrostatički potencijal?

skalarna

vektorska

10. Kakva je veličina napon?

skalarna

vektorska

11. Da li elektrostaticki potencijal zavisi od referentne tacke?

da

ne

12. Da li napon zavisi od referentne tačke?

da

ne

13. Koliki je napon između neke tačke A čiji je potencijal 5 V i referentne tačke u odnosu na koju se taj potencijal računa?

14. Ako je razlika potencijala dve tačke A i B, $V_A - V_B = 5 \text{ V}$, koliki je napon U_{BA} ?

15. Šta je količnik potencijalne energije i probnog opterećenja unetog u polje?

Kulonova sila

vektor jačine elektrostatičkog polja

**elektrostatički
potencijal**

16. Od čega zavisi kapacitivnost kondenzatora?

**od napona na koji je priključen i naelektrisanja na
elektrodama**

**od oblika i dimenzija
kondenzatora i vrste dielektrika
među elektrodama**

samo od vrste dielektrika između elektroda

17. Šta je probojni napon kondenzatora?

**napon pri kome kondenzator ima maksimalnu
kapacitivnost**

**maksimalni napon pri kome
kondenzator još uvek
ispravno radi**

**minimalni napon pri kome kondenzator još
uvek ispravno radi**

18. Šta je kritično polje u dielektriku kondenzatora?

**polje pri kome dolazi do
proboja dielektrika**

**vrednost polja pri kojoj kondenzator ima
maksimalnu kapacitivnost**

**minimalno polje koje sme da postoji u
kondenzatoru**

19. Šta je polarizacija dielektrika ?

**pojava unošenja dielektrika u elektrostatičko
polje**

**pojava razdvajanja centara
pozitivnog i negativnog
naelektrisanja kada se dielektrik
unesu u elektrostatičko polje**

stvaranje polarnog kondenzatora

20. Šta je elektrostatička indukcija?

pojava unošenja dielektrika u elektrostatičko polje

izdvajanje naelektrisanja na površini

nenaelektrisanog provodnika unetog u elektrostatičko polje

21. Kako se zovu naelektrisanja koja se izdvajaju na površini dielektrika unetog u polje?

slobodna

vezana

22. Kako se zovu naelektrisanja koja se izdvajaju na površini provodnika unetog u polje?

slobodna

vezana

**23. Kako se promenio napon na pločastom
vazdušnom kondenzatoru ako se posle
odvajanja od napona napajanja u kondenzator
ulije tečan dielektrik relativne dielektrične
konstante $\epsilon_r = 5$?**

povećao se 5 puta

smanjio se 5 puta

nije se promenio

24. Kada se u pločast vazdušni kondenzator, priključen na stalni napon $U = 10\text{ V}$, ulije tečan dielektrik relativne dielektrične konstante $\epsilon_r = 5$ kako se menja količina naelektrisanja na elektrodama?

poveća se 5 puta

poveća se 10 puta

smanji se 5 puta

smanji se 10 puta

ne promeni se

25. Kako se promenila kapacitivnost pločastog vazdušnog kondenzatora ako se posle odvajanja od napona napajanja ulije tečan dielektrik relativne dielektrične konstante $\epsilon_r = 5$?

povećala se 5 puta

smanjila se 5 puta

nije se promenila

26. Kada se u pločast vazdušni kondenzator, priključen na stalni napon $U = 10\text{ V}$, ulije tečan dielektrik relativne dielektrične konstante $\epsilon_r = 5$, kako se menja kapacitivnost kondenzatora?

poveća se 5 puta

poveća se 10 puta

smanji se 5 puta

smanji se 10 puta

ne promeni se

27. Koji od obrazaca služi za određivanje energije kondenzatora?

$$W_e = \frac{1}{2} QU$$

$$W_e = CU^2$$

$$W_e = \frac{Q^2}{2C}$$

28. Kako se zove konstanta ϵ ?

apsolutna dielektrična konstanta

relativna dielektrična konstanta

dielektrična konstanta vakuma i vazduha

29. Kako se zove konstanta ϵ_r ?

apsolutna dielektrična konstanta

relativna dielektrična konstanta

dielektrična konstanta vakuma i vazduha

30. Kako se zove konstanta ϵ_0 ?

apsolutna dielektrična konstanta

relativna dielektrična konstanta

**dielektrična konstanta
vakuuma i vazduha**

31. Koju jedinicu ima dielektrična konstanta ϵ_0 ?

$$\frac{C^2}{Nm^2}$$

$$\frac{Nm^2}{C^2}$$

nema jedinicu

32. Koju jedinicu ima dielektrična konstanta ϵ_r ?

$$\frac{C^2}{Nm^2}$$

$$\frac{Nm^2}{C^2}$$

nema jedinicu

33. Koju jedinicu ima dielektrična konstanta ϵ ?

$$\frac{C^2}{Nm^2}$$

$$\frac{Nm^2}{C^2}$$

nema jedinicu

34. Koju jedinicu ima konstanta $k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$?

$$\frac{C^2}{Nm^2}$$

$$\frac{Nm^2}{C^2}$$

nema jedinicu

35. Kako se zove polje čije su linije prikazane na slici?

homogeno



radijalno

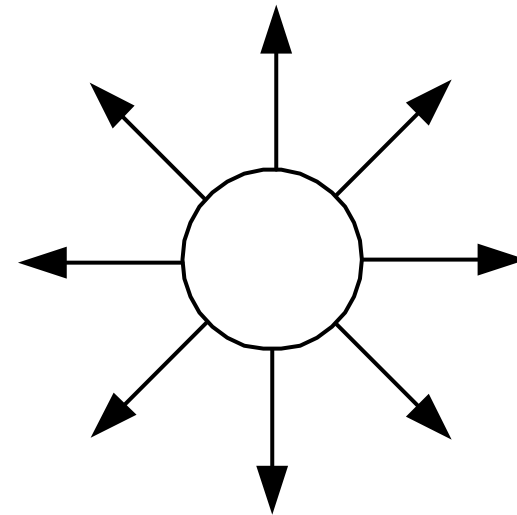
aksijalno

36. Kako se zove polje čije su linije prikazane na slici?

homogeno

radijalno

aksijalno

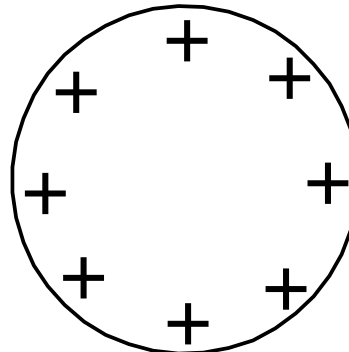


37. Na kom telu je površinska gustina naelektrisanja konstantna?

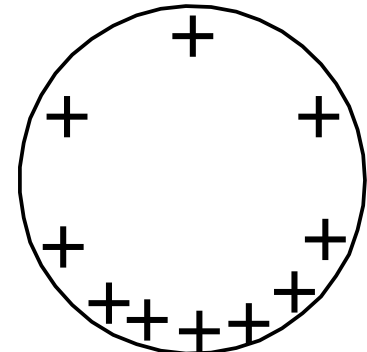
A

B

na oba tela



A



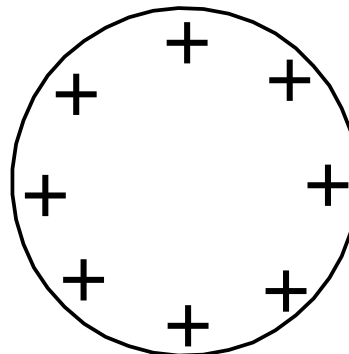
B

38. Na kom telu je površinska gustina naelektrisanja nije konstantna?

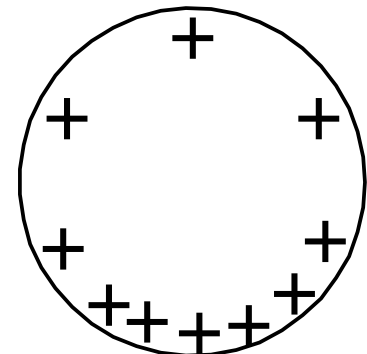
A

B

na oba tela



A



B

39. Pločasti kondenzator datih dimenzija ima kapacitivnost C . Kolika je kapacitivnost kondenzatora istog oblika ali n puta manjih dimenzija?

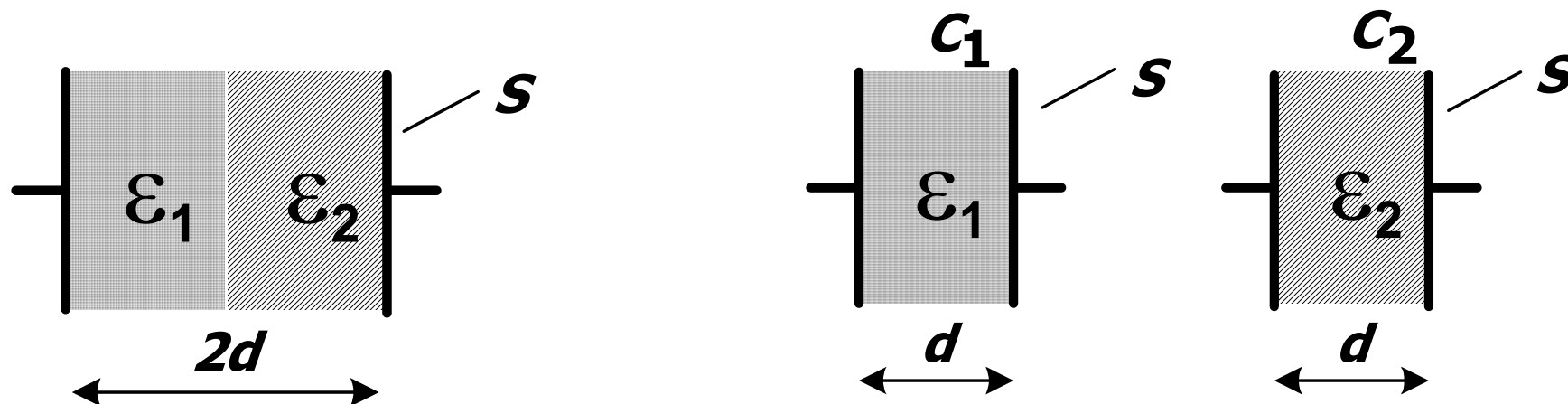
40. Pločasti kondenzator datih dimenzija ima kapacitivnost C . Kolika je kapacitivnost kondenzatora istog oblika ali n puta većih dimenzija?

41. Kondenzator sa slike odgovara:

rednoj vezi kondenzatora C_1 i C_2

paralelnoj vezi kondenzatora C_1 i C_2

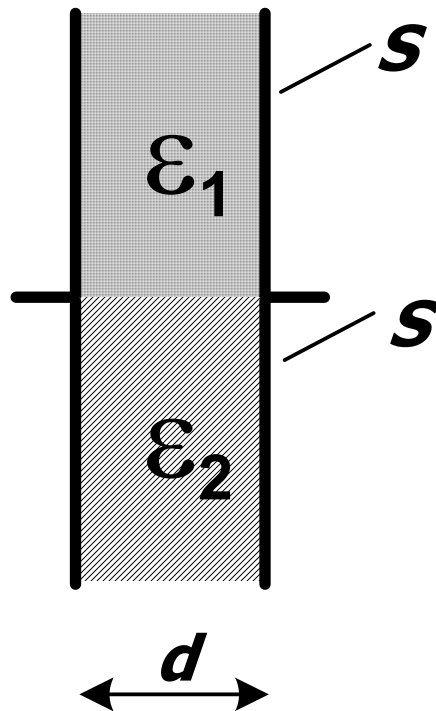
ni jednoj ni drugoj



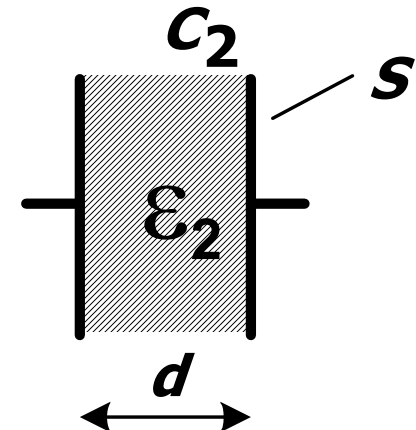
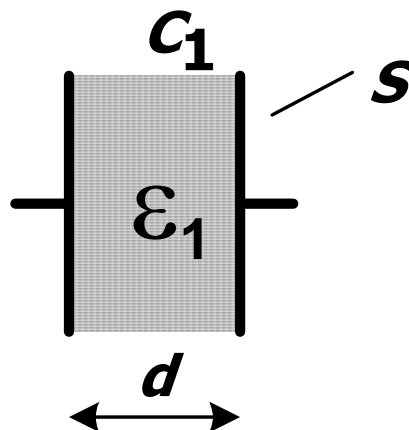
42. Kondenzator sa slike odgovara:

rednoj vezi kondenzatora C_1 i C_2

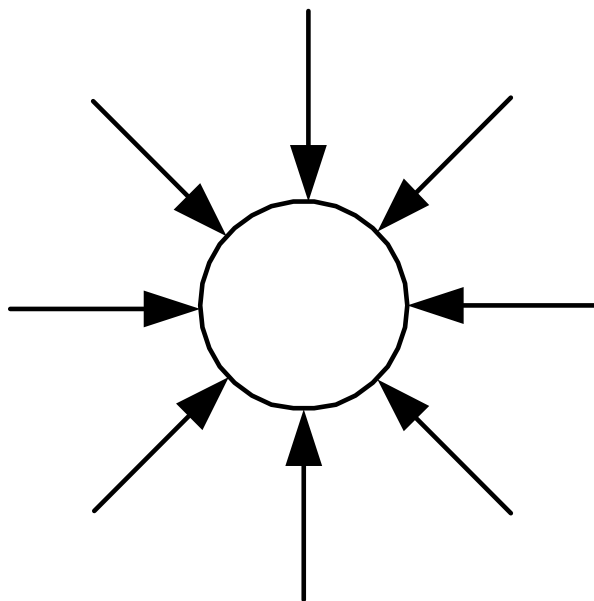
**paralelnoj vezi kondenzatora
 C_1 i C_2**



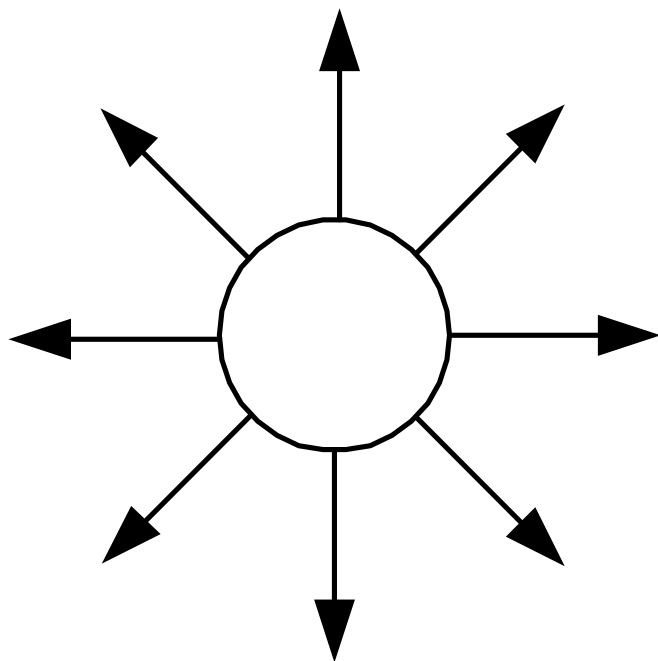
ni jednoj ni drugoj



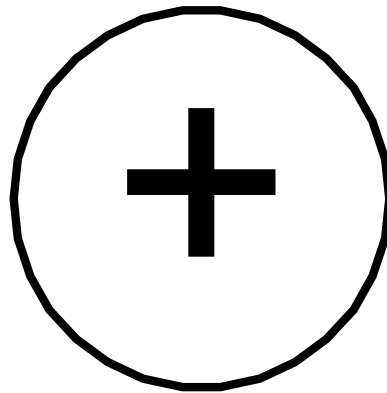
43. Upiši znak naelektrisanja čije su linije elektrostatičkog polja nacrtane na slici.



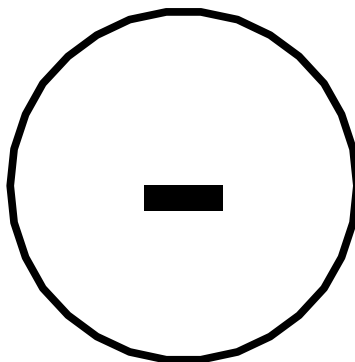
44. Upiši znak naelektrisanja čije su linije elektrostatičkog polja nacrtane na slici.



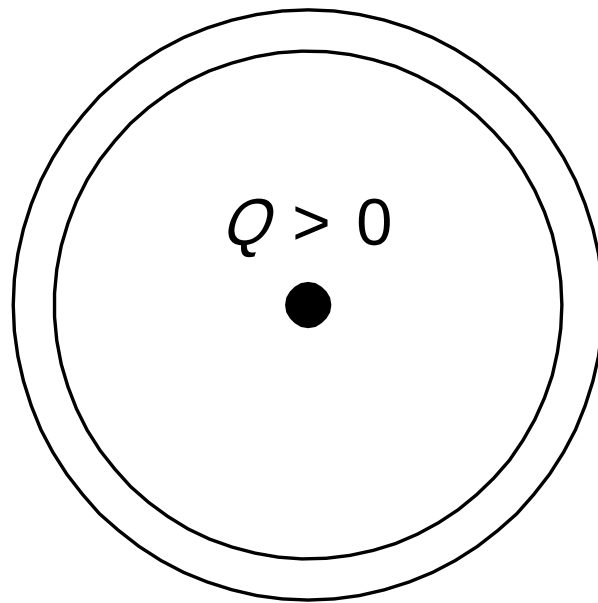
45. Ucrtaj linije elektrostatičkog polja za dato naelektrisanje.



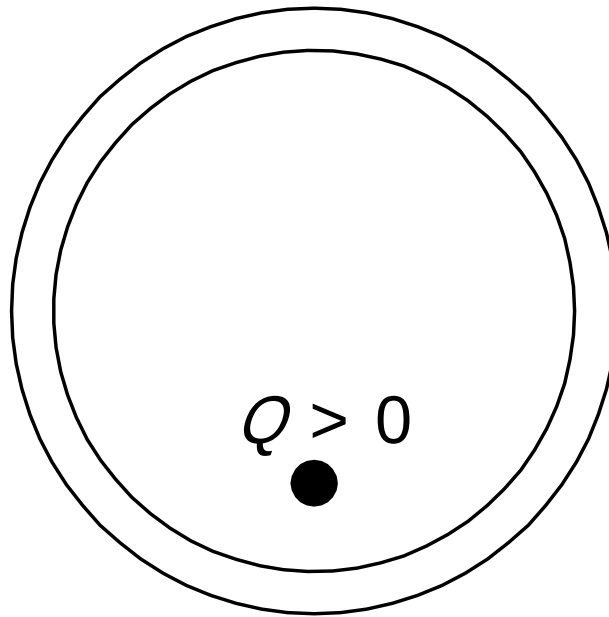
46. Ucrtaj linije elektrostatičkog polja za dato naelektrisanje.



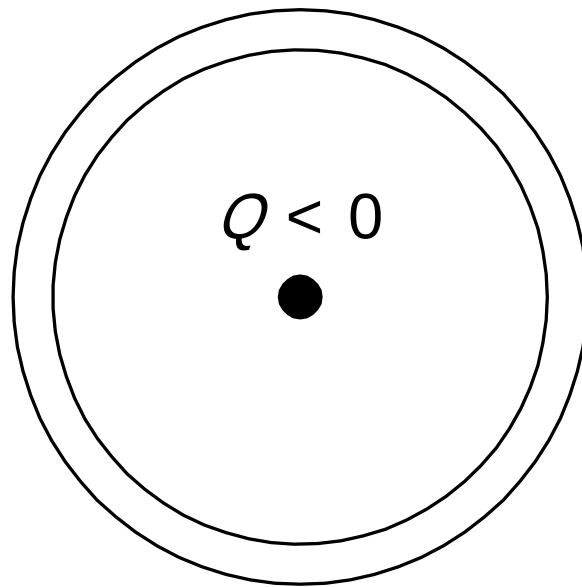
47. Ucrtaj raspodelu naelektrisanja na provodnoj nenaelektrisanoj sferi kada se u nju unese pozitivno naelektrisana kuglica.



48. Ucrtaj raspodelu naelektrisanja na provodnoj nenaelektrisanoj sferi kada se u nju unese pozitivno naelektrisana kuglica.



49. Ucrtaj raspodelu naelektrisanja na provodnoj nenaelektrisanoj sferi kada se u nju unese negativno naelektrisana kuglica.



50. Ucrtaj raspodelu naelektrisanja na provodnoj nenaelektrisanoj sferi kada se u nju unese negativno naelektrisana kuglica.

