

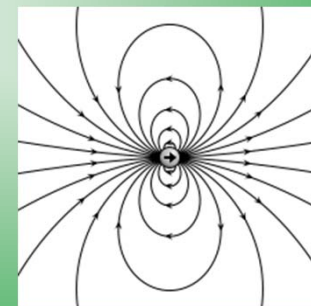
Univerzitet u Nišu
Fakultet zaštite na radu u Nišu

ELEKTROTEHNIKA

OSNOVI ELEKTROTEHNIKE

Prof. dr Dejan D. Krstić

Nastava 1. predavanje
Oktobar, 2023.



Elektrotehnika

- ELEKTROTEHNIKA je prirodna nauka koja proučava uzajamna dejstva naelektrisanih tela (naelektrisanja), ili prirodna nauka koja proučava električne pojave čiji su nosioci naelektrisana tela (naelektrisanja).
- Elektrotehnika je naučna disciplina (deo fizike) koja se bavi teorijom i praktičnom primenom električnih i magnetskih pojava.
- Elektrotehnika obuhvata primene elektriciteta za zadovoljavanje potreba društva.

Glavne primene elektriciteta

- prenos električne energije sa jednog mesta na drugo
- prenos informacija.

Elektrotehnika

- Elektrotehnika izučava električna opterećenja (naelektrisanja) i sile koje deluju na njih, kretanje naelektrisanja i efekte tog kretanja.
- Električna struja je usmereno kretanje naelektrisanja.
- Efekti kretanja naelektrisanja opisuju se u
- elektromagnetici.

Oblasti elektrotehnike

- Elektroenergetika
- Elektromagnetika
- Telekomunikacije
- Računarsko i softversko inženjerstvo
- Elektrotehnički sistemi
- Upravljanje - Automatika
- Elektronika

Nastavnik

- prof. dr Dejan Krstić, dipl. inž. el.

Asistent

- ass. dr Uglješa Jovanović, dipl. inž. el.

Program predmeta

- Elektrostatika
 - Jednosmerne struje
 - Magnetizam
 - Naizmenične struje
 - Osnovi elektronike poluprovodnika
- 
- Elektrodinamika**

Literatura

1. ELEKTROTEHNIKA

2. Dejan M. Petković Dejan D. Krstić, ELEKTROSTATIKA

https://www.znrfak.ni.ac.rs/PP_2022/OAS-2014/203-ELEKTROTEHNIKA/PREDAVANJA/2022-23/ELEKTROSTATIKA.pdf

3. Dejan M. Petković, Dejan D. Krstić, Vladimir B. Stanković,
„Stacionarno električno polje i jednosmerna struja”, Niš, 2010.

https://www.znrfak.ni.ac.rs/PP_2022/OAS-2014/203-ELEKTROTEHNIKA/PREDAVANJA/2022-23/STACIONARNO%20ELEKTRI%C4%8CNO%20POLJE%20I%20JEDNOSMERNA%20STRUJA.pdf

4. Dragutin N. Mitić, „ELEKTROTEHNIKA 1“ Petrograf, Niš, 2017.

Potrebna predznanja

- Osnovni matematike: algebre, vektorske analize, (skalarni i vektorski proizvod) i teorije kompleksnih brojeva.

[Matematički podsetnik.pdf](#) + [Matematički podsetnik – osobine vektora.pdf](#) + [pitanja za proveru znanja 1](#)

- Fizika (pojam sile i polja, atomska struktura materije, kinematika, energija, rad, osnovni pojmovi o naelektrisanju)

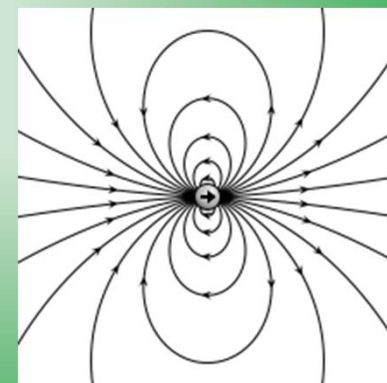
[Fizički podsetnik.pdf](#) + [pitanja za proveru znanja 2](#)

Univerzitet u Nišu
Fakultet zaštite na radu u Nišu

ELEKTROSTATIKA

Prof. dr Dejan D. Krstić

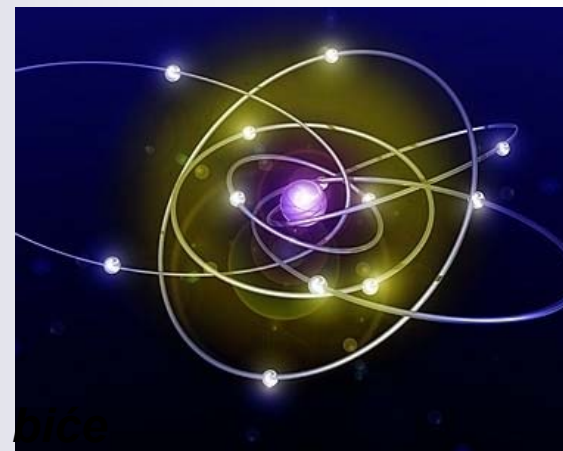
OSNOVI ELEKTROTEHNIKE
Oktobar, 2023.



ELEKTROSTATIKA

- Elektrostatika je deo nauke o elektricitetu (ELEKTROTEHNIKE) koja proučava neelektrisana tela u mirovanju, njihova uzajamna delovanja i fizičke procese u okolnom prostoru.

NAELEKTRISANJE



Elektricitet je za mene sve...

Dan kada tačno saznamo tačno šta je elektricitet, biće najznačajniji datum u istoriji čovečanstva

Nikola Tesla

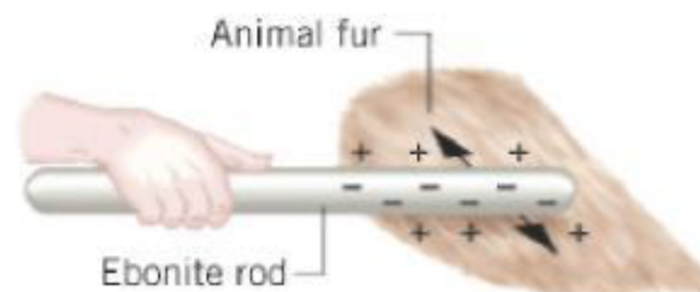
*Naelektrisanje ili električni naboj je jedna od osnovnih **osobina** nekih subatomske čestice (elementarnih čestice).*

Telo je naelektrisano kada nema iste količine pozitivnog i negativnog naelektrisanja ili kada ima iste količine pozitivnog i negativnog naelektrisanja, ali su neravnomerno raspoređena na telu.

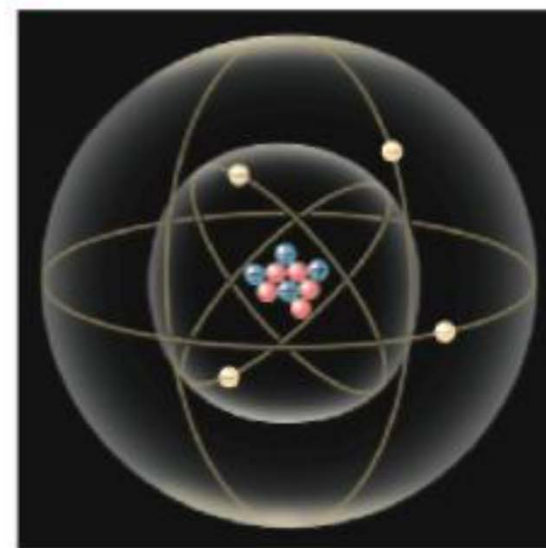
Elektrostatika

- Prve pojave vezane za elektricitet primećene su još u staroj Grčkoj.
- Sila kojom naelektrisana tela privlače druga tela je **električna sila**, a uzrok ove pojave je **elektricitet**.
- Električna priroda materije je povezana sa njenom **strukturuom**.
- Atomi su sastavljeni od masivnih jezgara (protoni i neutroni) i difuznog oblaka pokretnih čestica oko njega (elektroni).
- Elektroni i protoni poseduju potpuno jednaku, ali raznoimenu količinu naelektrisanja (tzv. **elementarno naelektrisanje e**). Elektroni su negativno, a protoni pozitivno naelektrisane čestice.

$$e = 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



● electron
● proton
● neutron



Osnovna veličina u elektrotehnici je NAELEKTRISANJE

Oznaka za naelektrisanje je Q ili q

Jedinica za naelektrisanje je: KULON, [C]

Manje jedinice za naelektrisanje, koje se često upotrebljavaju, su:

<i>milikulon</i>	$mC = 10^{-3} C$
<i>mikrokulon</i>	$\mu C = 10^{-6} C$
<i>nanokulon</i>	$nC = 10^{-9} C$
<i>pikokulon</i>	$pC = 10^{-12} C$

KILO $kC = 10^3 C = 1000C$

MEGA $MC = 10^6 C = 1000\,000 C$

GIGA $GC = 10^9 C = 1000\,000\,000 C$

Naelektrisanje

SI: kulon, izvedena jedinica

$$C = A \cdot s$$

Elementarno naelektrisanje

$$1e = 1.6 \cdot 10^{-19} C \quad \text{ili} \quad 1C = 6.25 \cdot 10^{18} e$$

Baterija alkalna, tip AA

$$1388 \text{ mAh} = 5000000 C = 5 \cdot 10^6 C$$

Prosečni grom

$$30 \text{ kA} \cdot 1 \text{ ms} = 15 C$$

Eksterna literatura

potrebni pojmovi

Struktura atoma

<https://youtu.be/n4sfSO9pyBE?list=PLHWrqYlf8eNbzVts7PotGmuO9yh2c7g9u>

<https://youtu.be/VdZs76KmfTI?list=PLHWrqYlf8eNbzVts7PotGmuO9yh2c7g9u>

Količina naelektrisanja

<https://www.youtube.com/watch?v=gBFSCSGpQ3I&t=52s>

Naelektrisavanje tela

<https://www.youtube.com/watch?v=JWsxvVPpT9Q>

Uzajamno delovanje naelektrisanih tela Kulonov zakon

<https://youtu.be/gBFSCSGpQ3I>

Jačina električnog polja

<https://youtu.be/3wuwjhUNDQc>

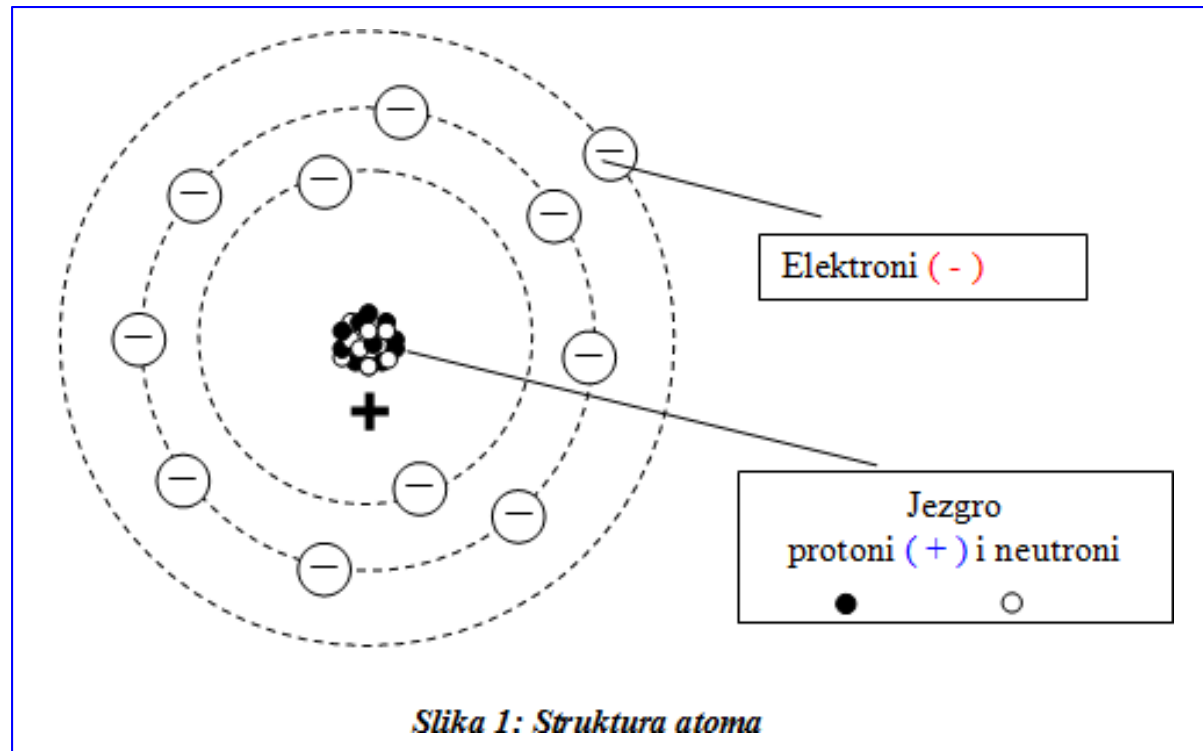
Linije silie električnog polja

<https://www.youtube.com/watch?v=JnYrrYGVocA>

ELEMENTARNO NAELEKTRISANJE: e [C]

- Postoje dve vrste naelektrisanja: **pozitivno** i **negativno**.
- Postoji najmanje naelektrisanje u prirodi - elementarno naelektrisanje (kvant naelektrisanja)

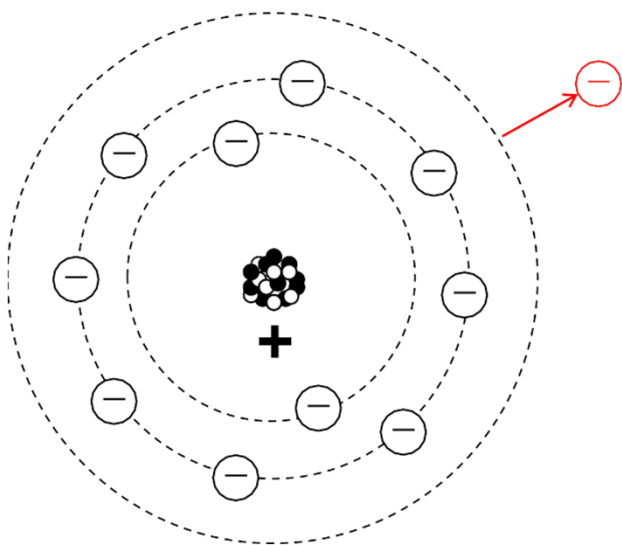
Nosioci elementarnih (pozitivnih i negativnih) naelektrisanja su ATOMI



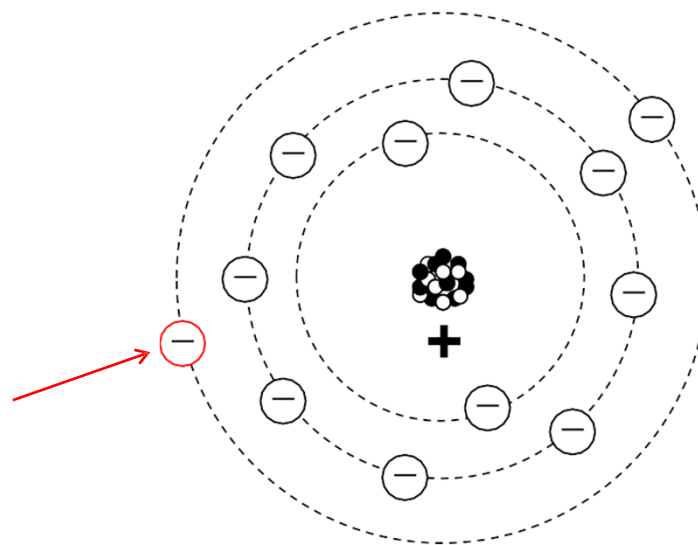
U normalnom stanju atoma, protona ima koliko i elektrona - atom je električno neutralan. **Ukupno naelektrisanje svakog potpunog atoma jednako je nuli.**

U prirodi su mogući procesi kojima se iz neutralnog atoma odvaja jedan ili više elektrona. Odvojeni elektroni se nazivju **slobodni elektroni**, a ostaci atoma **pozitivni joni**.

Dešavaju se i obrnuti procesi, da neki od slobodnih elektrona uđu u sastav elektronskog omotača **neutralnog atoma**. Tako nastaju **negativni joni**.



$$Q_{1+} = 1,6021 \cdot 10^{-19} C$$



$$Q_{1-} = -1,6021 \cdot 10^{-19} C$$

Naelektrisana tijela – naelektrisanje Q [C]

Posmatrajmo neko telo, npr. komadić bakra. Broj atoma u njemu je ogroman.

Ako su svi atomi električno neutralni, telo je električno neutralno i njegovo naelektrisanje je:

$$Q = 0C$$

Ako određenom broju (npr. N) atoma “oduzmemo” po jedan elektron iz spoljašnje ljuske, telo postaje pozitivno naelektrisano: $Q_+ = N \cdot e = N \cdot 1,6021 \cdot 10^{-19} [C]$

Ako određenom broju (npr. N) atoma “dodamo” po jedan elektron u spoljašnju ljusku, telo postaje negativno naelektrisano: $Q_- = N \cdot (-e) = - N \cdot 1,6021 \cdot 10^{-19} [C]$

Naelektrisano telo je telo koje ima **manjak** ili **višak** elektrona.

U slučaju manjka elektrona telo je pozitivno naelektrisano.

Vrijednost naelektrisanja tog tela je pozitivna, npr.: $Q = 3,2 \cdot 10^{-5} C$

U slučaju viška elektrona telo je negativno naelektrisano.

Vrednost naelektrisanja tog tijela je negativna, npr.: $Q = -3,2 \cdot 10^{-5} C$

Naelektrisanje je uvijek celi broj ($n=1,2,3,..$) elementarnih naelektrisanja: $Q = \pm n \cdot e$

Proton

je pozitivno naelektrisana čestica koja nosi najmanje pozitivno naelektrisanje.

$$Q_p \equiv e = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Elektron

je negativno naelektrisana čestica koja nosi najmanje negativno naelektrisanje

$$Q_e \equiv -e = -1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Naelektrisanja elektrona i protona su ista po količini (vrednosti), a suprotnog su znaka:

$$Q_e = -Q_p$$

Sile koje drže elektrone da kruže oko jezgra atoma su električne sile koje deluju između naelektrisanih čestica.

Između negativnih naelektrisanih čestica – **elektrona** i pozitivno naelektrisanih čestica - **protona** deluju privlačne električne sile.

Neutron je čestica u električno neutralnom stanju.

Jezgro atoma (protoni+neutroni) je pozitivno naelektrisana čestica.

Protone i neutone drže na okupu jake nuklearne sile.

Naelektrisana tela deluju jedno na drugo određenom **silom**.

Sila je privlačna ako su naelektrisanja suprotnog znaka.

Sila je odbojna ako su naelektrisanja istog znaka.

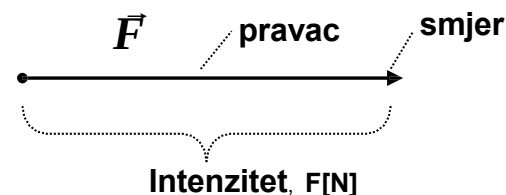
Oznaka za silu je $\vec{F}$

Jedinica za silu je NJUTN, [N]

Sila je vektorska velična $\vec{F}$

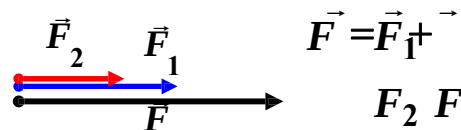
određena:

- **intenzitetom**, odnosno **veličinom sile F [N]**, koja predstavlja brojnu **vrijednost**
- **pravcem djelovanja sile i**
- **smjerom djelovanja sile**

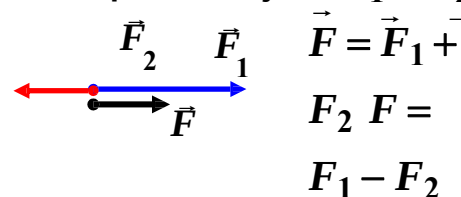


Sile istog pravca:

1. isti smjer



2. suprotan smjer = $F_1 + F_2$



Svi materijali se u električnom pogledu mogu svrstati u tri grupe:

- provodnici**,
- izolatori (dielektrici)** i
- poluprovodnici**.

Provodnike karakteriše postojanje velikog broja naelektrisanih čestica, koje mogu relativno slobodno da se kreću kroz materijal.

Najvažniji provodnici su **metali** (zlato, srebro, **bakar, aluminijum**,...)

Kod metala su elektroni iz spoljašnje ljuske veoma slabo vezani za svoj atom, tako da postoji stalno (haotično) kretanje ovih elektrona od atoma do atoma.

Ovi elektroni se nazivaju **slobodni elektroni** ili **elektroni provodnosti**.

Pod dejstvom i najmanjih električnih sila elektroni počinju da se usmjereno kreću.

Kod **izolatora (dielektrika)** su elektroni iz spoljašnje ljuske, u normalnim uslovima, čvrsto vezani za svoj atom. Imaju veoma malu koncentraciju slobodnih elektrona i oni ne provode naelektrisanje, ili ga veoma slabo provode.

Izolatori su: porculan, plastične mase, staklo, guma, papir, ulja, vazduh (vakuum),...

Poluprovodnici čine prelaznu grupu između provodnika i izolatora. Broj slobodnih naelektrisanih čestica manji je nego kod provodnika, a značajno veći nego kod izolatora. Pod dejstvom određenih sila (toplote, svjetlosti) broj slobodnih naelektrisanja može da značajno poraste i poluprovodnik prelazi u provodnik. Poluprovodnici su bitni za elektroniku. **Osnovni poluprovodnici su silicijum (Si) i germanijum (Ge).**

Provođenje naelektrisanja

- Električni **provodnici** su materijali u kojima se naelektrisanja slobodno kreću.

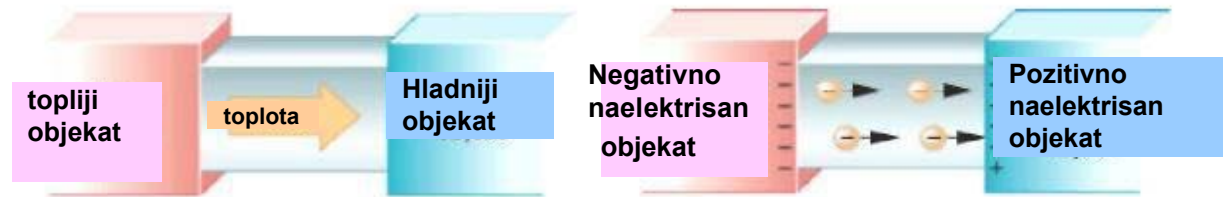
Naelektrisanje npr. bakra, aluminijuma ili srebra dovodi do trenutnog razmeštanja naelektrisanja po celoj površini tela.

- Električni **izolatori** (dielektrici) su materijali u kojima se naelektrisanja **ne mogu slobodno kretati**.

Kada se, npr. naelektriše staklo, guma ili drvo – naelektrisanje ostaje na mestu naelektrisanja, tj. ne razmešta se po celom telu.

- **Poluprovodnici** se nalaze između te dve klase materijala.

Silicijum i germanijum menjaju svoje provodne osobine za nekoliko redova veličine kada se u njih unesu određene količine drugih elemenata (primesni atomi).



Uporedni prikaz provođenja toplote i naelektrisanja

Zakon održanja količine naelektrisanja

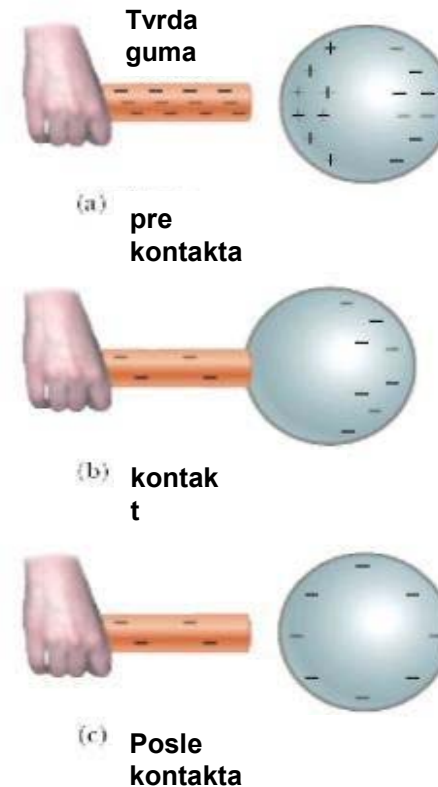
- Za vreme bilo kakvog procesa, količina naelektrisanja **izolovanog** sistema ostaje **konstantna** (održava se).

$$\sum_i q_i = \text{const.}$$

- Elementarna naelektrisanja se ne mogu uništiti (ili stvoriti) nezavisno i sama od sebe, već, uslovno rečeno, nestajanje (stvaranje) jednog pozitivnog uvek prati nestajanje (stvaranje) i jednog negativnog naelektrisanja.
 - **Ne postoji stvaranje** naelektrisanja, već se ono samo **prenosi** između tela. *
- * Izuzetak su procesi interakcije elektromagnetnog -zračenja sa materijom, tzv. par-efekat (stvaranje parova naelektrisanih čestica – elektrona i pozitrona).

Naelektrisanje tela

- Naelektrisanje tela se vrši na razne načine (trljanjem - trenjem, dodirom sa naelektrisanim telom, zagrevanjem, zračenjem, indukcijom ...), čime se narušava odnos između protona i elektrona u telu.
- Primer naelektrisanja provodnih tela dodirom.
 - a) približavanje naelektrisanog tela
 - b) kontakt – narušavanje ravnotežne količine pozitivnog i negativnog naelektrisanja na telu (prelazak elektrona na provodno telo)
 - c) udaljšavanje naelektrisanog tela i pravilno raspoređivanje naelektrisanja po površini provodnog tela



Naelektrisavanje tela

- Primer naelektrisavanja provodnih tela indukcijom.

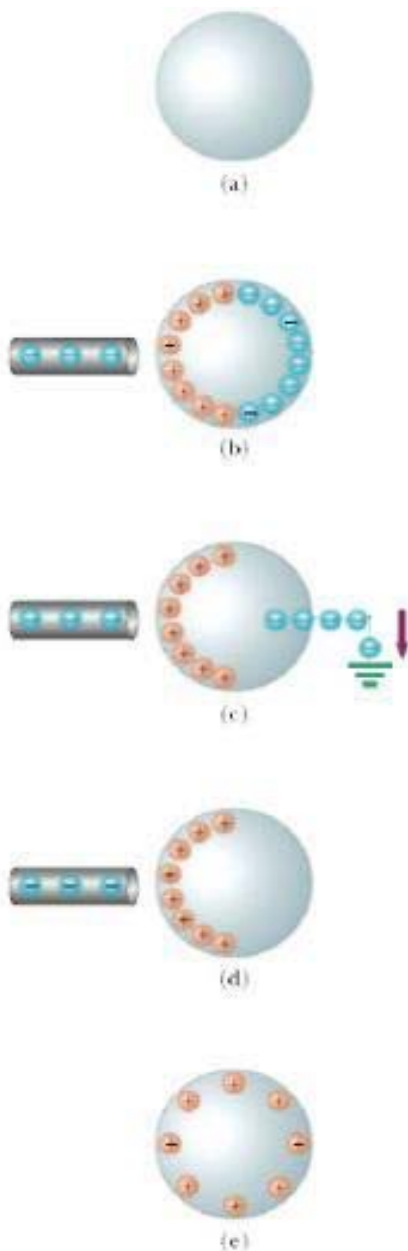
a) nenaelektrisano telo

b) približavanje naelektrisanog tela

c) uzemljavanje metalne sfere (spajanje sa Zemljom putem provodnika) – deo elektrona odlazi u Zemlju (ponaša se kao ogroman “rezervoar”, odvod za naelektrisanja)

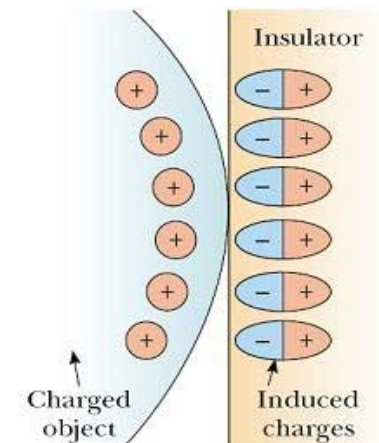
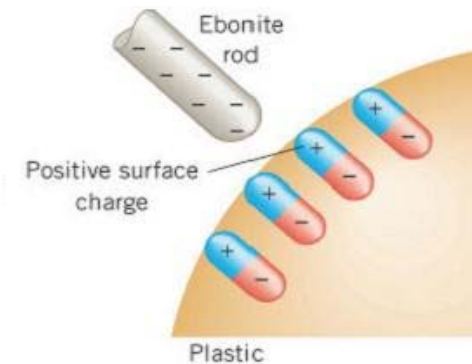
d) prekid uzemljenja

e) udaljšavanje naelektrisanog tela



Naelektrisanje tela

- Električni **izolatori** (dielektrici) se mogu naelektrirati na sličan način kao i provodnici indukcijom.
- **Blizina** naelektrisanog tela kod električno **neutralnih** molekula električnih izolatora izaziva razdvajanje centara pozitivnog i negativnog naelektrisanja (molekuli postaju električni dipoli – proces **polarizacije** dielektrika) i odgovarajuću orijentaciju molekula. Udaljavanjem naelektrisanog tela, molekuli se vraćaju u prvobitni, neutralni oblik.
- U **kontaktu** sa **pozitivno** naelektrisanim telom dešava se stvaranje i orijentacija električnih dipola.
- U **kontaktu** sa **negativno** naelektrisanim telom elektroni mogu preći na izolator, ali samo na mestu kontakta i ne razmeštaju se po njemu.



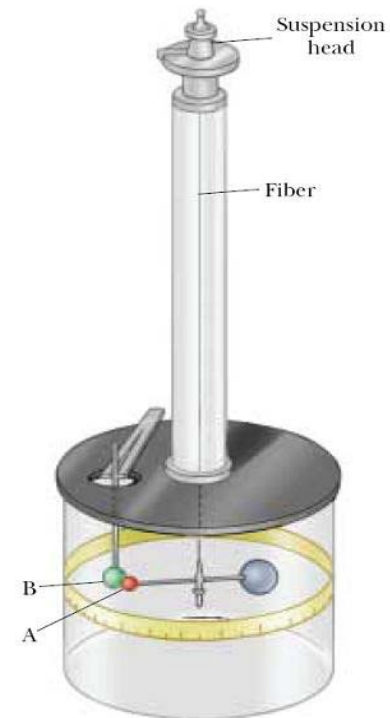
Kulonov zakon

- Prva kvantitativna veza između veličina u elektrostatiki opisana je **Kulonovim zakonom** (1785.) i odnosi se na **silu** između dva **tačkasta** naelektrisanja.
- Kulon je merio intenzitet sile između naelektrisanih tela torzionom vagom i zaključio da **električna sila** ima sledeće osobine:
 - ❖ ima pravac linije koja spaja naelektrisana tela i obrnuto je proporcionalna kvadratu rastojanja između tela;
 - ❖ direktno je proporcionalna proizvodu količina naelektrisanja na telima;
 - ❖ može biti privlačna ako su tela naelektrisana naelektrisanjem suprotnog znaka, ili odbojna za naelektrisanost istoimenim naelektrisanjem.

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

* Šarl Kulon (1736-1806)

$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$ Kulonova konstanta





Isaac Newton (1642-1726)

1687 - Newtonov zakon opšte gravitacije

$$F_g = k_g \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$k_g = G = 6.674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

eksperimentalno



Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)

1785 - Zakon interakcije između nepokretnih naelektrisanja

$$F_e = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k_e = 8.9875 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

eksperimentalno

William Gilbert (1544-1603)

Otac elektriciteta i magnetizma - model magneta

$$F_m = k_m \frac{q_{m1} q_{m2}}{r^2}$$

$$k_m = 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$$

izračunato



1. Coulombov zakon, Električna sila u vakumu

$$F_e = k_e \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

Privlačna ili odbojna
Pravac i smer

$$k_e = 8.9875 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \quad k_e \approx 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$



električna konstanta=
permitivnost vakuuma, slobodnog prostora, vazduha

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$



Lat: *permittere* - dopustiti

Grk: *ēlektron* - ćilibar

$$\epsilon_0 \approx \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \quad \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

Dielektrična konstanta vakuma

- Sila deluje duž prave koja spaja tačkasta naelektrisanja;
- Sila je privlačna ako su naelektrisanja suprotnog znaka,
a ako su naelektrisanja istog znaka sila je odbojna.

Kulonov zakon

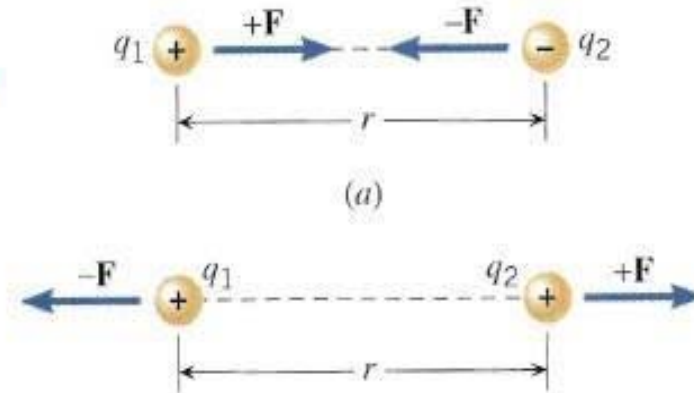
- Kulonov zakon, strogo uzevši, važi samo za **tačkasta** naelektrisanja, a približno i za **sferna** tela ili tela zanemarljivih dimenzija u poređenju sa međusobnim rastojanjem.
- Kulonova (električna) sila **znatno** je **veća** od gravitacione.

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}_0$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ϵ_0 – dielektrična konstanta (permitivnost) vakuuma

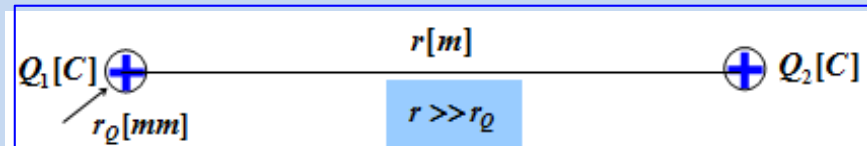
$\vec{r}_0$ – jedinični vektor koji je usmeren od q_1 ka q_2



KULONOV ZAKON

međusobnog delovanja dva tačkasta naelektrisanja u stanju mirovanja

Kulonov zakon važi za **tačkasta naelektrisanja**



Tačkasta naelektrisanja su naelektrisana tijela čije su dimenzije znatno manje od njihovog međusobnog rastojanja

Intenzitet sile međusobnog dejstva dva tačkasta direktno je proporcionalan količini naelektrisanja a obrnuto proporcionalan kvadratu rastojanja

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

u izrazu su:

F – vrednost sile u NJUTNIMA, [N]

q_1 i q_2 - vrednosti količine tačkastih naelektrisanja u KULONIMA, [C]

r - rastojanje između tačkastih naelektrisanja u METRIMA, [m]

Još malo o ...

Jedinica za dielektričnu konstantu ϵ je: $\left[\frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \right] = \left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$ *Farad po metru,*

FARAD, [F] je jedinica za **kapacitivnost**.

Za druge dielektrike,
dielektrična konstanta ϵ je veća od dielektrične konstante vakuuma ϵ_0
:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

ϵ_r je relativna dielektrična konstanta posmatranog dielektrika.

To je neimenovan broj, veći od jedinice: $\epsilon_r > 1$.

Za vakuum ($\approx$ vazduh) je $\epsilon_r = 1$.

Vrednost KULONOVE SILE,

odnosno **intenzitet sile međusobnog dejstva dva tačkasta naelektrisanja**,
izražena preko dielektrične konstante dielektrika u kojem se naelektrisanja nalaze,
 data je izrazom:

$$F = \frac{1}{4 \pi \varepsilon} \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

odnosno, izrazom:

$$F = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

Ako se naelektrisanja nalaze u **vakuumu** ($\approx$ vazduhu)

$$F_0 = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

Dielektrična konstanta je najmanja za vakuum ($\approx$ vazduh): $\varepsilon = \varepsilon_0$

$\Rightarrow$ Sila je najveća u vakuumu ($\approx$ vazduhu)

*U izraz za Kulonovu silu, uvrštavaju se apsolutne vrijednosti naelektrisanja.
 Znak naelektrisanja određuje smjer sile, a ne njenu vrijednost.*

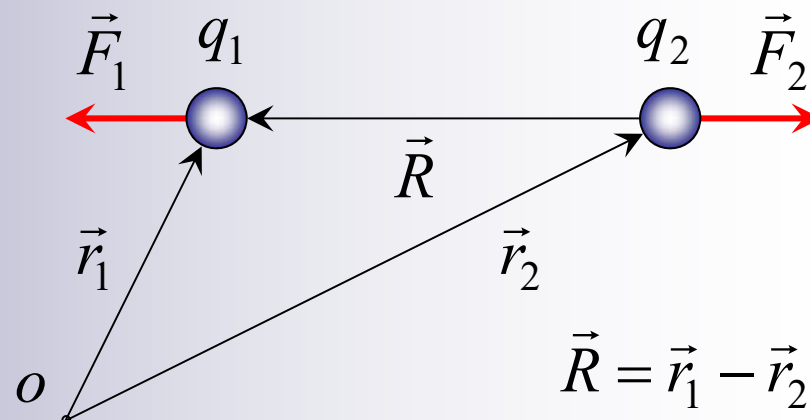
Coulombov zakon

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

naelektrisanja su tačkasta
(dimenzije mnogo manje od rastojanja)

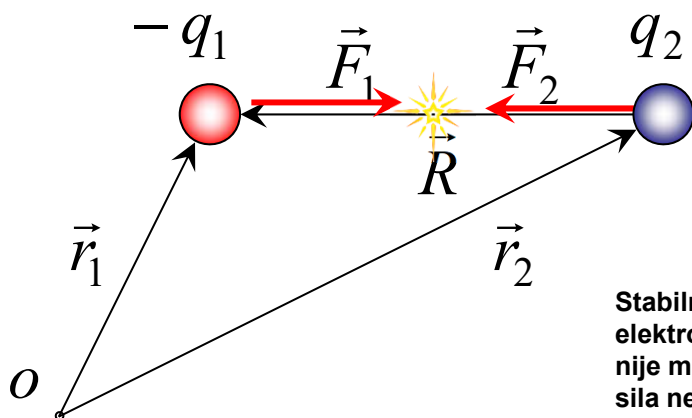
naelektrisanja su nepokretana
(u odnosu jedno prema drugom)

naelektrisanja se ne preklapaju
(rastojanje je uvek veće od nule)



$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{R^2} \hat{R}$$

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$



Stabilna ravnoteža
elektrostatičkog sistema
nije moguća bez uticaja
sila neelektričnog porekla.

$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(-q_1)q_2}{R^2} \hat{R}$$

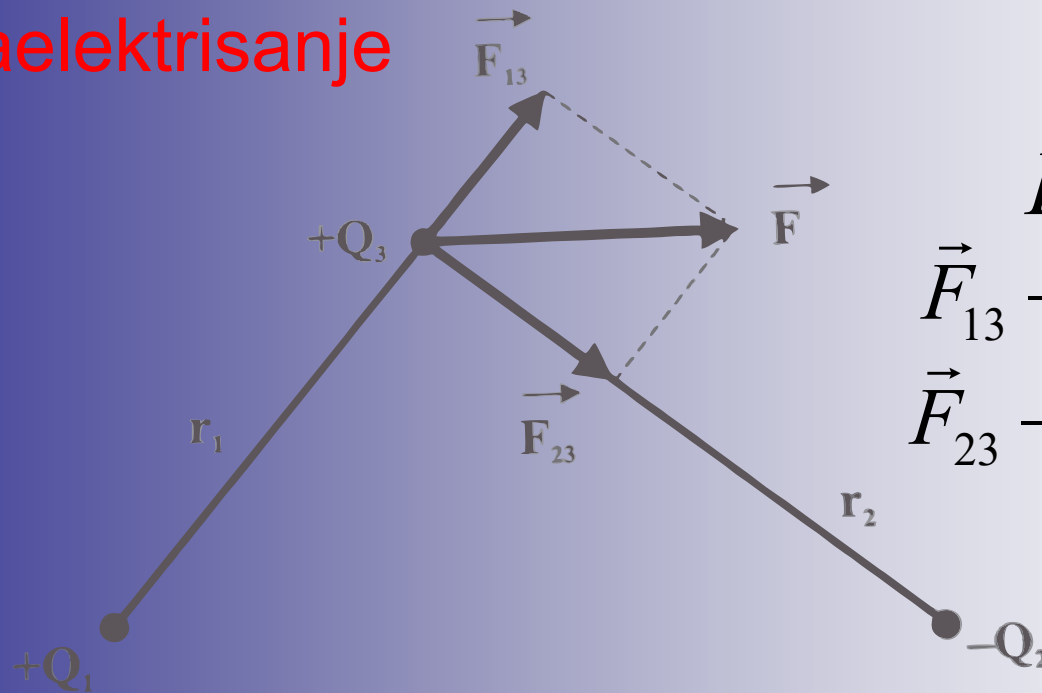
$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{R^2} (-\hat{R})$$

Samuel Earnshaw (1805-1888)

Princip superpozicije

Električna sila od više tačkastih naelektrisanja

- Ukupna sila koja deluje na jedno naelektrisanje jednaka je vektorskom zbiru sila kojima sva druga naelektrisanja deluju na dato naelektrisanje

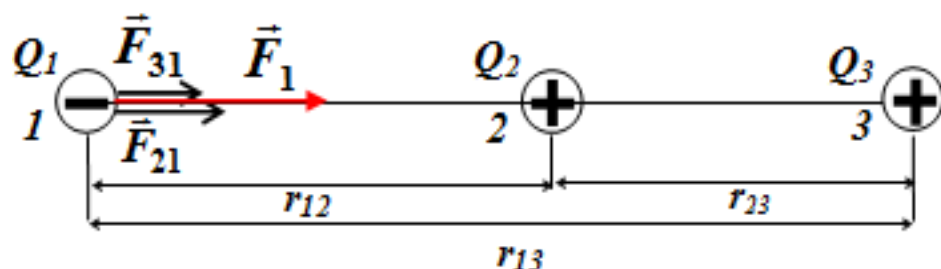


$$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

$\vec{F}_{13}$ – Sila od Q_1 na Q_3
 $\vec{F}_{23}$ – Sila od Q_2 na Q_3

Sila dejstva više tačkastih naelektrisanja na posmatrano tačkasto naelektrisanje jednaka je VEKTORSKOM ZBIRU pojedinačnih sila

Za raspored naelektrisanja duž iste prave, to je ZBIR (isti smer) ili RAZLIKA (suprotan smer) sila, kao npr. na sl.4

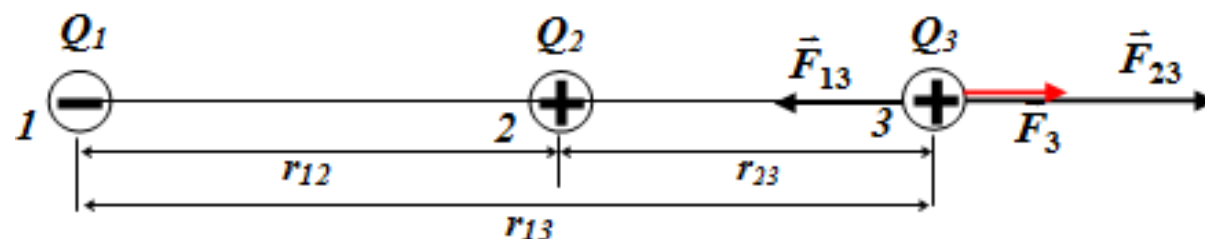


$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$$

$$F_{31} = k \frac{Q_3 \cdot |Q_1|}{r_{13}^2}, \quad F_{21} = k \frac{Q_2 \cdot |Q_1|}{r_{12}^2}$$

$$F_1 = F_{21} + F_{31}$$

Slika 4B: Sila na naelektrisanje 1, od naelektrisanja 3 i 2 na isom pravcu



$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

$$F_{13} = k \frac{|Q_1| \cdot Q_3}{r_{13}^2}$$

$$F_{23} = k \frac{Q_2 \cdot Q_3}{r_{23}^2}$$

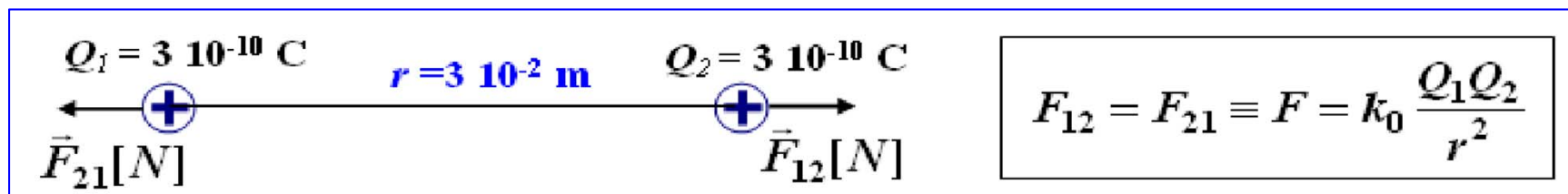
$$F_3 = F_{23} - F_{13}$$

Slika 4A: Sila na naelektrisanje 3, od naelektrisanja 1 i 2 na isom pravcu

1. **Odrediti silu međusobnog dejstva dva jednaka tačkasta naelektrisanja $Q_1=Q_2=3 \cdot 10^{-10} \text{ C}$, koja se nalaze u vazduhu na međusobnom rastojanju $r=3\text{cm}$.**

Rešenje

Oba naelektrisanja su pozitivna (istog znaka). $\Rightarrow$ Sila je odbojna

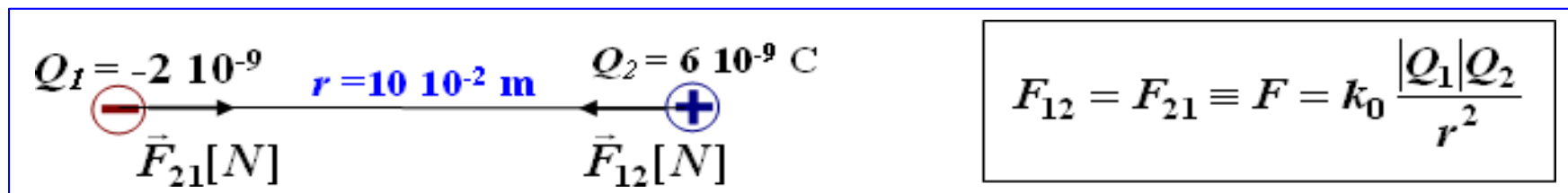


Vrednost sile je: $F = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right] \frac{3 \cdot 10^{-10} [\text{C}] \cdot 3 \cdot 10^{-10} [\text{C}]}{(3 \cdot 10^{-2})^2 [\text{m}^2]} = 9 \cdot 10^{-7} \text{ N}$

2. **Odrediti silu međusobnog dejstva dva tačkasta naelektrisanja $Q_1=-2\text{nC}$ i $Q_2=6\text{nC}$, koja se nalaze u vazduhu na međusobnom rastojanju $r=10\text{cm}$.**

Rešenje

Naelektrisanja su suprotno znaka ($+$ i $-$). $\Rightarrow$ Sila je privlačna



Vrijednost sile je: $F = k_0 \frac{|Q_1| \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{(10 \cdot 10^{-2})^2} = 1,08 \cdot 10^{-5} \text{ N}$