

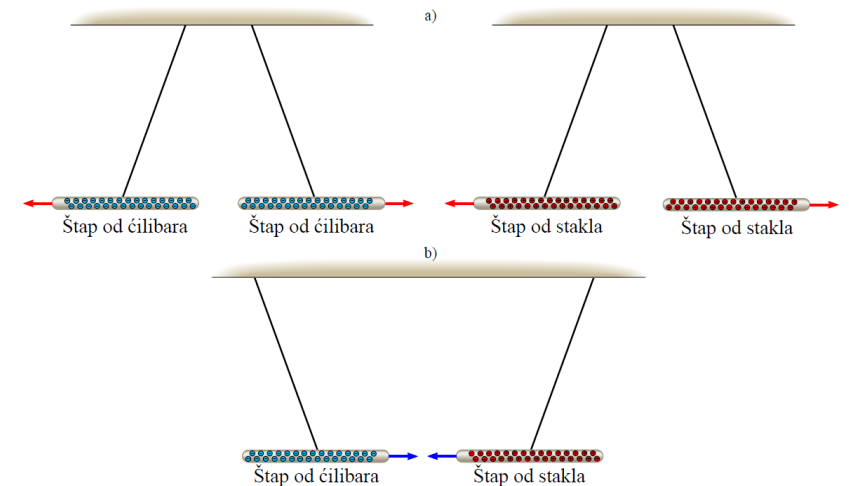
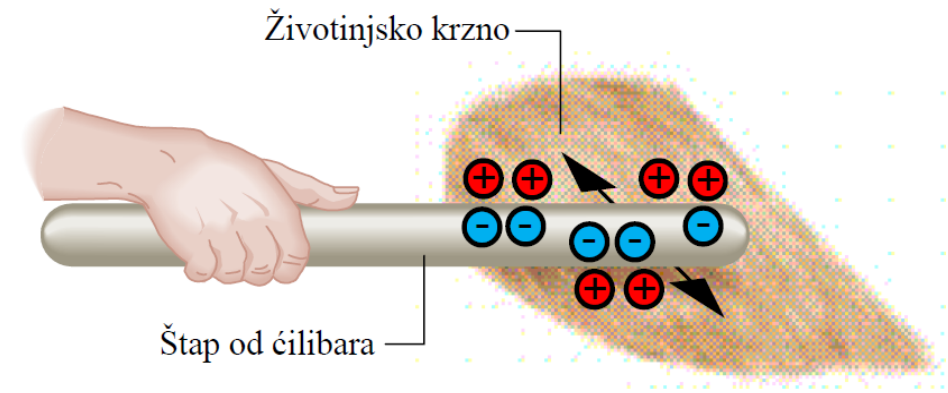
Univerzitet u Banjoj Luci
Elektrotehnički fakultet
Osnovi elektrotehnike 1

Uvod u elektrostatiku. Kulonov zakon.

Predavanje: 1. blok

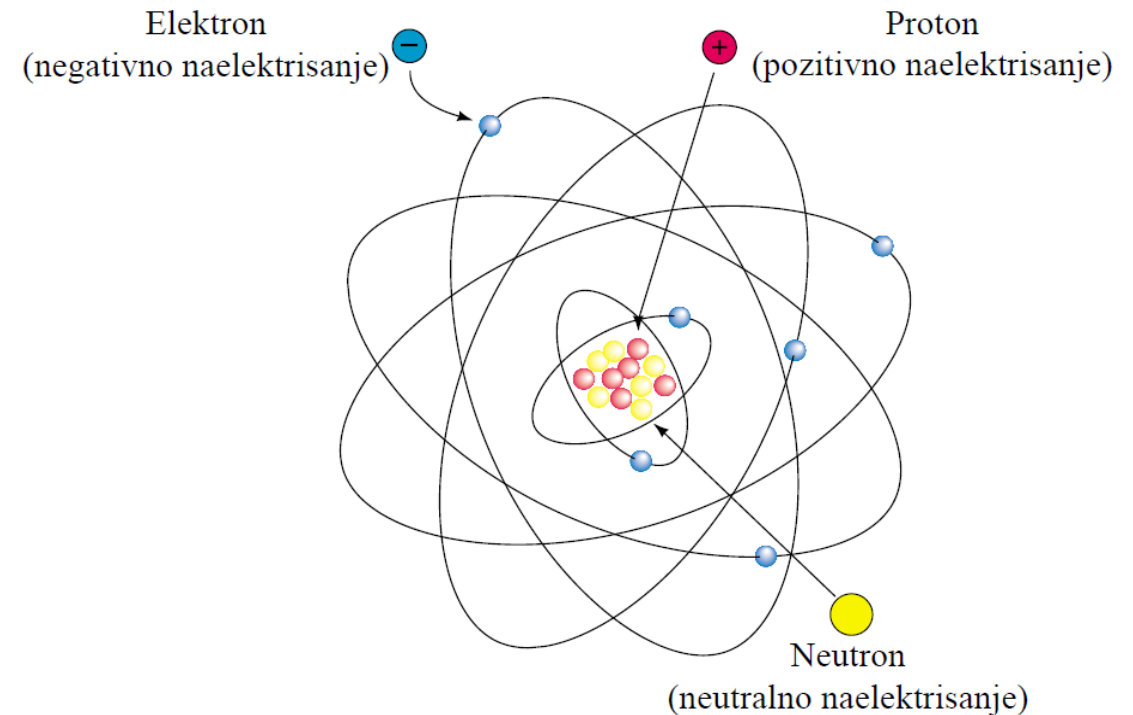
Kratak historijski pregled

- Tales iz Mileta je 600 g.p.ne. primjetio da komad ćilibara protrljan komadom vunene tkanine privlači druge lake predmete od vune, pramenovi kose, drveni opiljci i slično.
- Vilijam Džilbert je u 16. vijeku primjetio da se predmet sačinjeni od različitih materijala (staklo, ebonit, krzno...) trenjem o drugi predmet može dovesti u stanje da privlače druge lake predmete.
- 1733. godine francuski hemičar Di Fej je pokazao da se dva naelektrisana štapa ćilibara ili stakla međusobno odbijaju, dok se štapi od ćilibara i stakla međusobno privlače.
- 1847. godine američki naučnik Bendžamin Frenklin ustanovio je da bez obzira na vrstu materijala, u prirodi postoje samo dvije vrste naelektrisanja: ona koja se nagomilaju na štapu od ćilibara kada se protrlja krznom i ona koja se nagomilaju na štapu od stakla kada se svilom. Prvu vrstu naelektrisanja nazvao je negativnim, a drugu pozitivnim.
- Elektron na grčkom znači ćilibar pa je tako uveden termin *naelektrisano* tijelo.



Sastav atoma i elementarna količina naelektrisanja

- Riječ atom nastala je od grčke riječi *atomos*, što znači nedjeljiv. Međutim, danas se pouzdano zna da su atomi sastavljeni od više subatomske čestice od kojih su najvažniji: **protoni, neutroni i elektroni**. Protoni i neutroni obrazuju kompaktnu grupu koju nazivamo **jezgro atoma**, dok elektroni kruže oko jezgra po kružnim i eliptičnim putanjama, obrazujući **omotač atoma**.
- Prvi model atoma predložio je danski fizičar Nils Bor 1913. godine, a dopunio ga njemački fizičar Arnold Zomerfeld 1915. godine, i taj model atoma u literaturi poznat je kao **Bor–Zomerfeldov model**.



S. Lubura, S. Lale, B. Popovic, "Elektrotehnika", ETF IS, 2023.

НАЕЛЕКТРИСАЊЕ

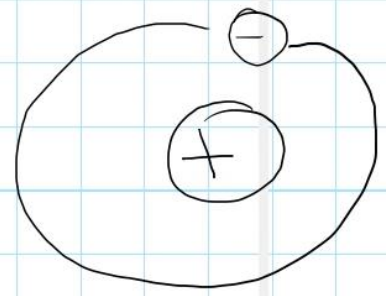
Makroskopski prilaz

Физички манифестација

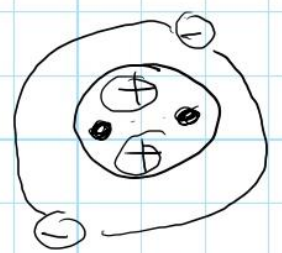
Npr. 1 kubni mikrometar (10^{-18} m^3)

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C (кулон)}$$

$$-e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



Бодготник



Хенујум

Q - антедрара

група

n_e - број електрона

n_p - број протона

$$n_e > n_p$$

$$n_e < n_p$$

$$n_e - n_p \ll n_e + n_p$$

$$Q = (n_p - n_e) \cdot e$$

$$Q > 0$$

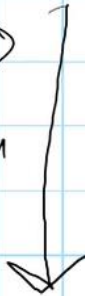
$$Q < 0$$

На ен.

уоз. На ен.

меџ. На ен.

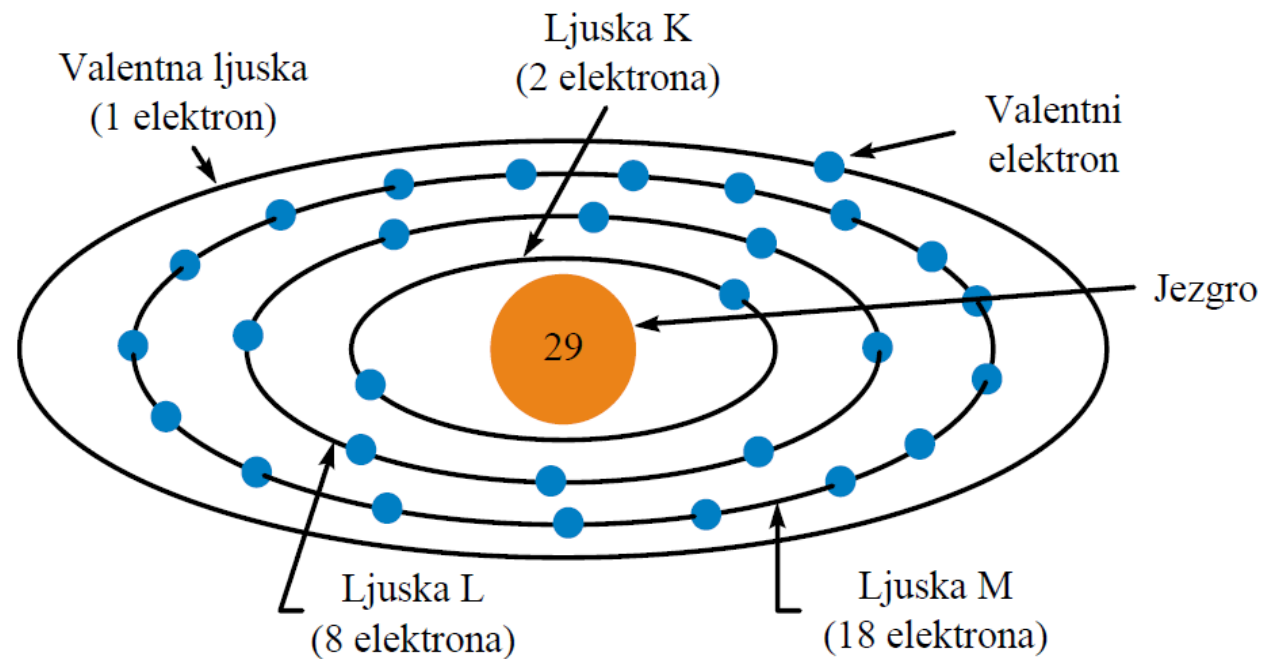
Закон одржавања наелектрисања до 1C

- изолатори
 - полупроводници
 - проводници
- 

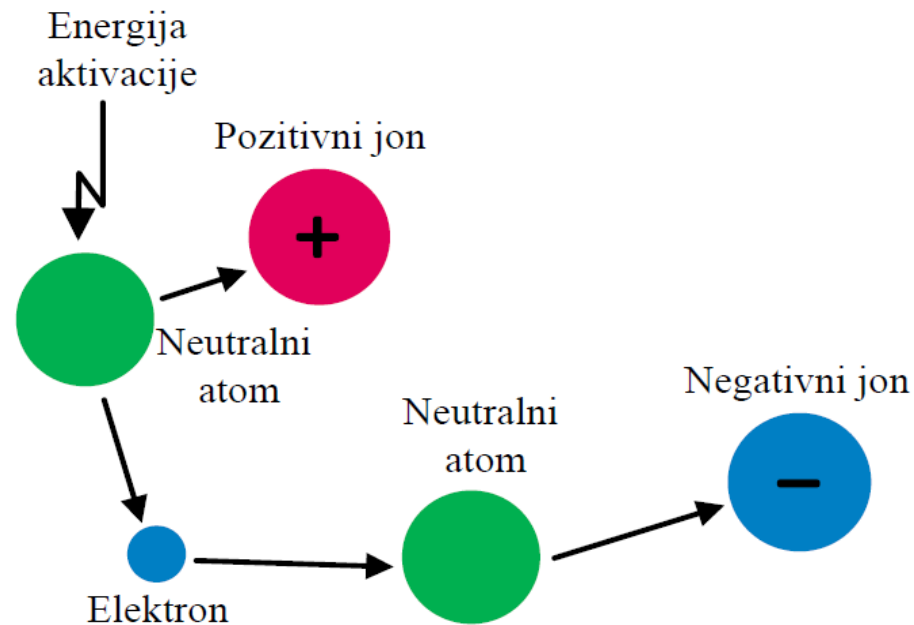
Izolatori su materijali kod kojih su, u normalnim uslovima, elektroni iz spoljašnje ljuske čvrsto vezani za svoj atom, ili grupu atoma koja obrazuje molekul.

Provodnici su materijali kod kojih postoji veliki broj naelektrisanih čestica koje mogu relativno slobodno da se kreću kroz materijal.
Primjeri: bakar, srebro, zlato i drugi metali.

- Atom bakra (Cu) u posljednjoj ljusci ima samo jedan elektron.
- Dovoljna je veoma mala vanjska energija jonizacije (toplotna) koja će odvojiti ovaj valentni elektron od ostatka atoma bakra, pa će on postati slobodan.
- U jednom cm^3 bakra ima ukupno 6.51×10^{22} atoma.



- Električno stanje nekog atoma (elementa) definiše se viškom ili manjkom elektrona u odnosu na broj protona u jezgru atoma. Kažemo da je neko tijelo pozitivno naelektrisano, ako su neki njegovi atomi izgubili jedan ili više elektrona. Kada neutralni atom izgubi elektron, on postaje pozitivno naelektrisana čestica – pozitivni jon.
- Kažemo da je neko tijelo negativno naelektrisano ukoliko neki od njegovih atoma sadrži višak elektrona. Drugim riječima, kada neutralni atom primi elektron, on postaje negativno naelektrisana čestica – negativni jon.



ЕЛЕКТРОСТАТИЧКО ПОЉЕ
ПОНДЕРОМОТОРНО СВОЈСТВО

САМО НА ОСНОВУ ДЕЈСТВА ЕЛ. СИЛЕ

Електростатицко поље се не може у генеру.

Ponašanje naelektrisanih tijela tj. sile između njih nisu iste kada se tijela kreću i kada miruju. U ovom dijelu predmeta bavimo se sistemima vremenski nepromjenljivih naelektrisanja na nepokretnim tijelima: **elektrostatika**.

КУЛОНОВ ЗАКОН

ТАЧКАСТА ИЛИ ПУНКТИВАНА НАБЛ.

1784. - 1785.

$$\vec{F}_{12} = \boxed{K} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \vec{r}_{012} \quad [N]$$

Q_1, Q_2 - Наер. напон у С

r - растојање између напона

\vec{r}_{012} - вектор од Q_1 ка Q_2

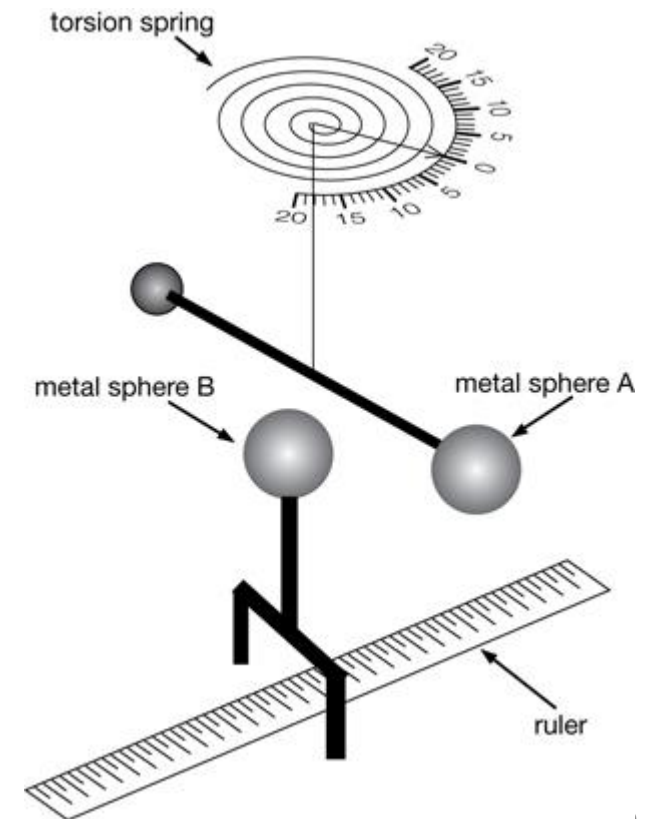
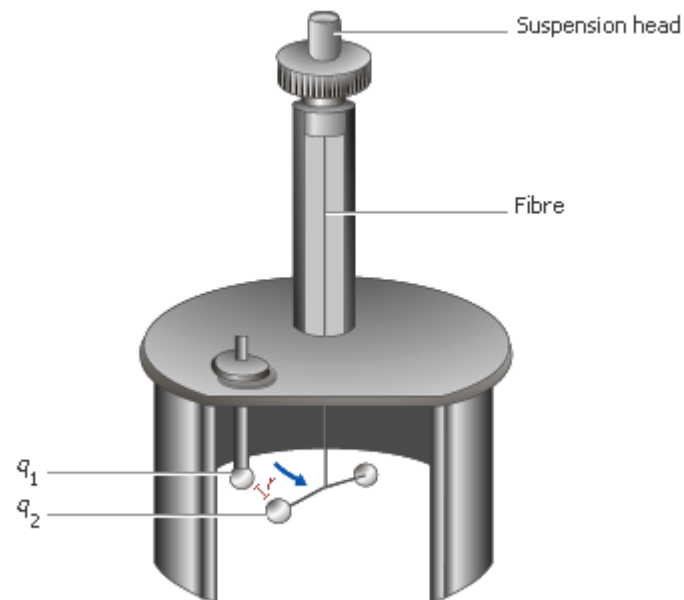
$$K = 9 \cdot 10^9 \frac{N m^2}{C^2}$$

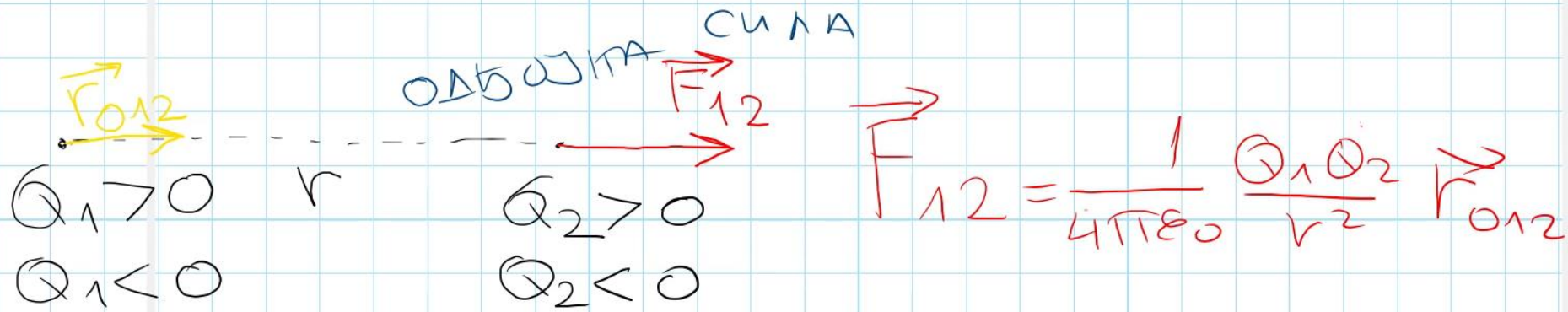
$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ϵ_0 - гуенесовска const.
или диелектрична

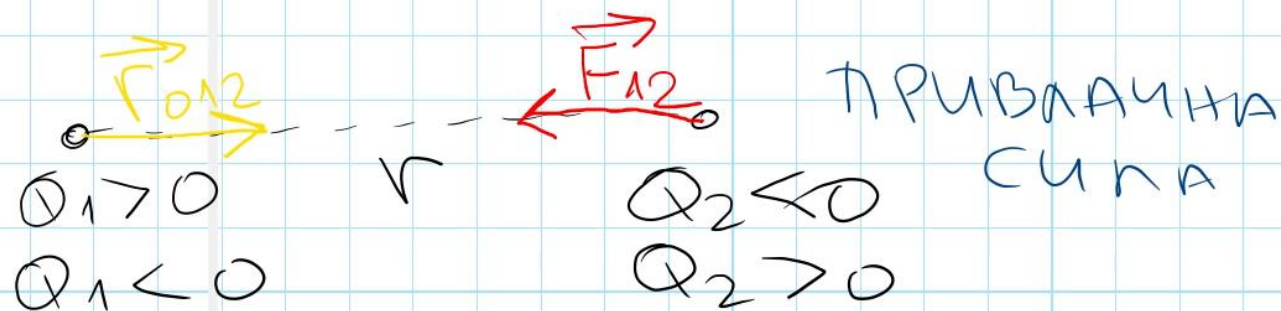
пропусивност

Kulonov zakon- torziona vaga



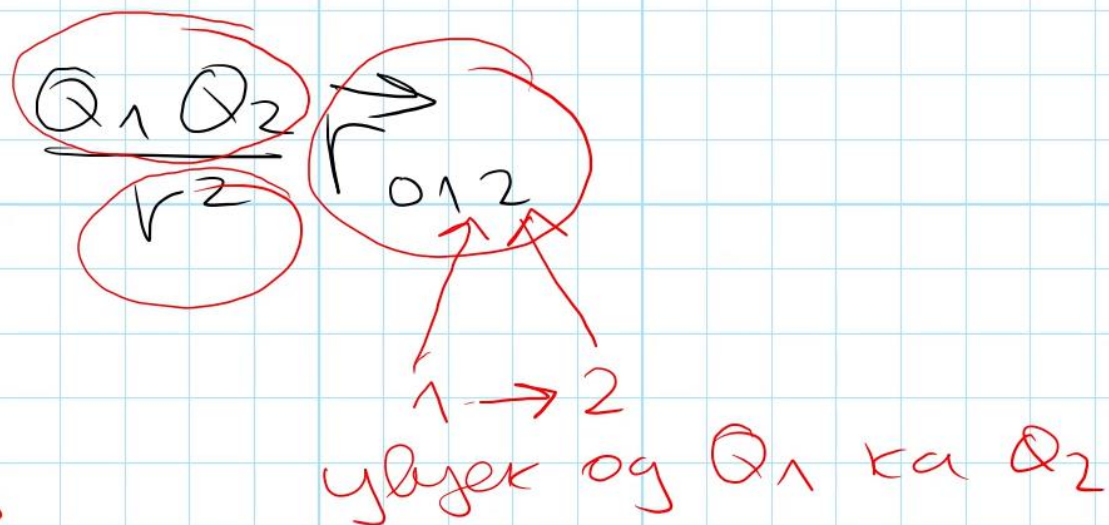


$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \Rightarrow \epsilon_0 \approx \frac{10^{-9}}{36\pi} \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$



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

ИЗБОР
 ТИЈЕЛО НА
 КОЈЕ ДЈЕЛУЈЕ
 СИЛА КОЈА
 ОДРЕЂУЈЕМО



Алгебраички однос:

$$|\vec{F}_{12}| = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = F_{12+}$$

Валим закон акупје и реакције

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

Q_2 на Q_1



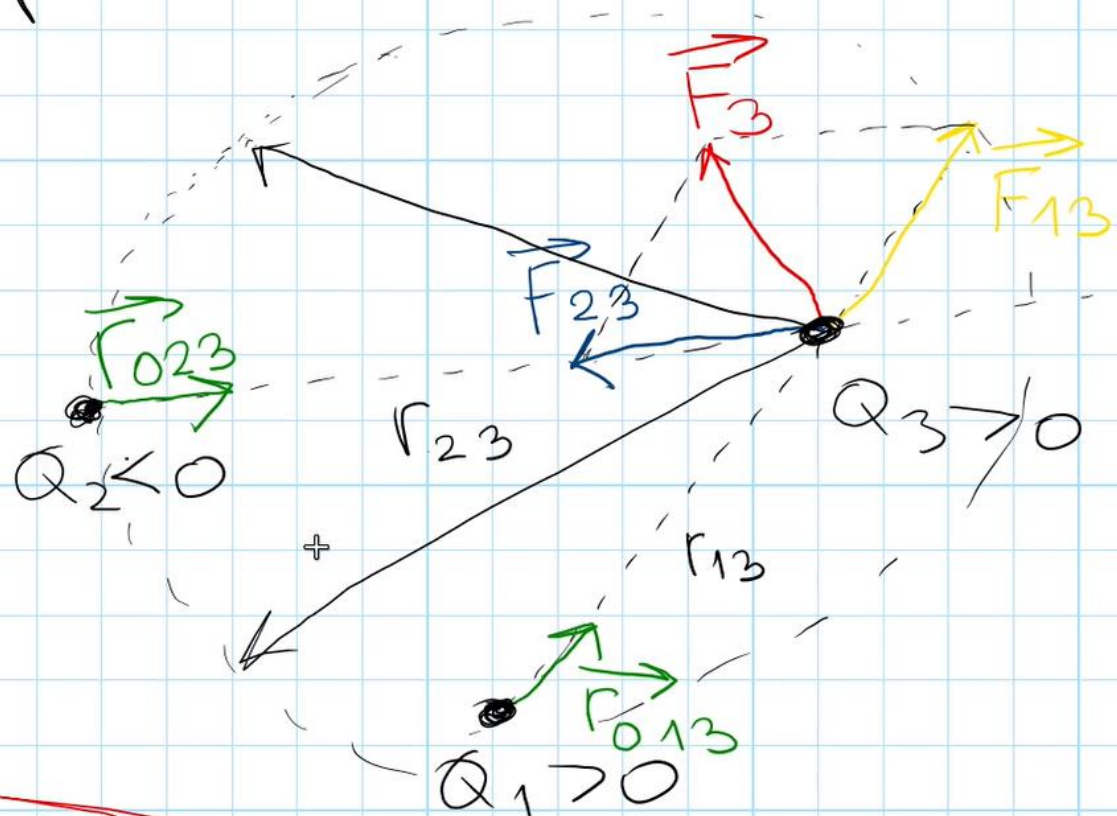
$$\vec{F}_{21} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} (-\vec{r}_{012}) = -\vec{F}_{12}$$

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

Валим принцип
суперпозиције!

ПРАВИЛО ВЕКТОРСКОГ
САБДИРАЊА

Пример:

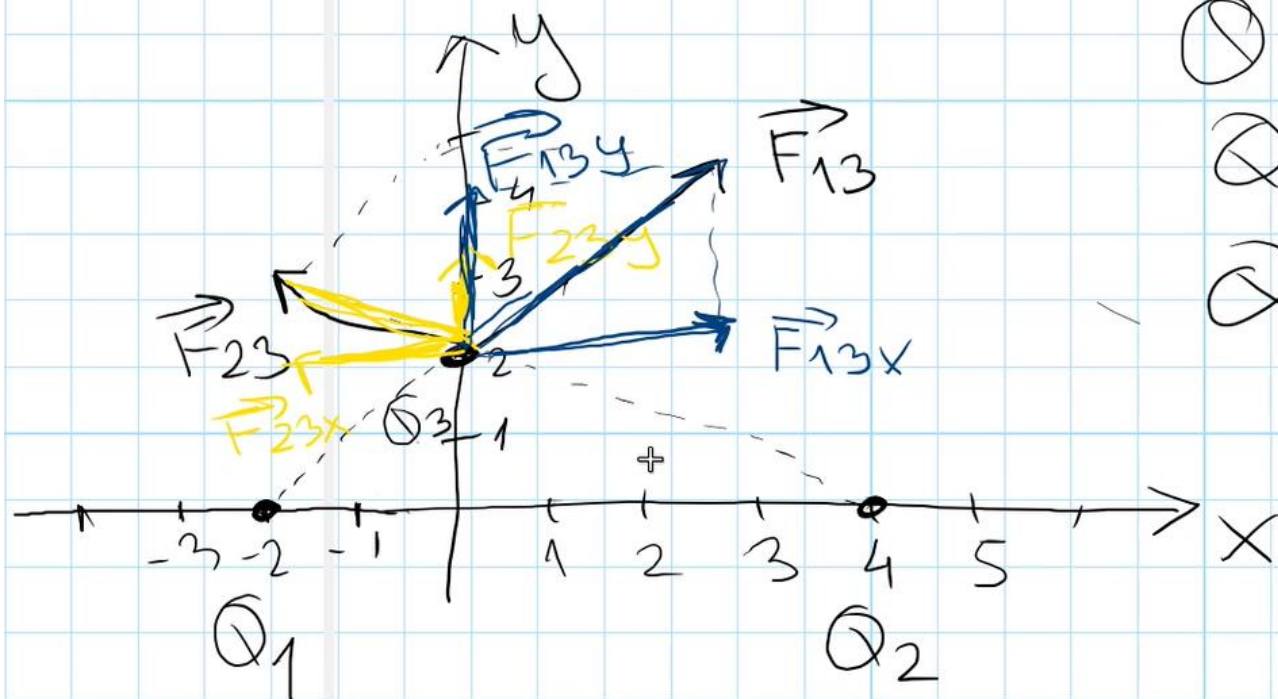


$$\vec{F}_{23} = \frac{Q_2 Q_3}{4\pi\epsilon_0 r_{23}^2} \vec{r}_{023}$$

$$\vec{F}_{13} = \frac{Q_1 Q_3}{4\pi\epsilon_0 r_{13}^2} \vec{r}_{013}$$

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

Tipwingep:



$$Q_1 > 0$$

$$Q_2 > 0$$

$$Q_3 > 0$$

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

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{3x} + \vec{F}_{3y}$$

$$F_{3x} = |\vec{F}_{13x}| - |\vec{F}_{23x}|$$

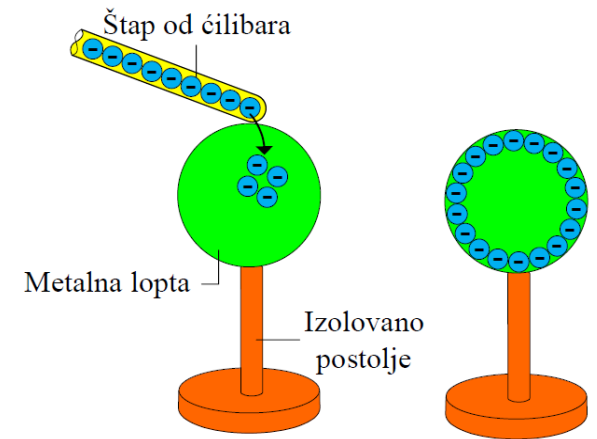
$\downarrow x$

$$F_{3y} = |\vec{F}_{13y}| + |\vec{F}_{23y}|$$

$\downarrow y$

Načini naelektrisavanja tijela

- Kada se negativno naelektrisani štap od čilibara protrlja sa površinom metalne lopte, dio viška negativnog naelektrisanja će se sa štapa prenijeti na loptu. Nakon što se štap od čilibara odvoji od metalne lopte, ova negativna naelektrisanja će se ravnomjerno raspodijeliti po površini metalne lopte, a izolovano postolje će ih spriječiti da se raspodjeljuju dalje u okolni prostor. Kažemo da se metalna lopta negativno naelektrisala.
- Na isti način, metalna lopta se može naelektrisati i pozitivnim naelektrisanjem, ako njenu površinu protrljamo štapom od stakla na kome je prethodno nagomilano pozitivno naelektrisanje. Dakle, eksperimentalno je pokazano da bez obzira na vrstu naelektrisanja, prenos naelektrisanja sa jednog tijela na drugo dešava se pri njihovom međusobnom dodiru, a trenje samo obezbjeđuje kvalitetniji kontakt između dodirnih površina. Opisani način naelektrisavanja tijela nazvan je **naelektrisavanje dodirom (kontaktom)**.



S. Lubura, S. Lale, B. Popovic, "Elektrotehnika", ETF IS, 2023.

Načini naelektrisavanja tijela

- Naelektrisavanje tijela moguće je ostvariti i beskontaktnim putem. Neka se negativno naelektrisani štap od ćilibara približi površini metalne lopte. Usljed toga, negativna naelektrisanja na površini metalne lopte koja su najbliža štapu pomjeraju se na suprotnu stranu. Kao rezultat, dio metalne lopte najbliže štapu postaje pozitivno, a najudaljeniji dio negativno naelektrisan. Ovi pozitivno i negativno naelektrisani dijelovi metalne lopte su „indukovani“ ili „nagovoreni“ da nastanu zbog postojanja odbojne sile između negativno naelektrisanog štapa od ćilibara i slobodnih elektrona na površini metalne lopte. Ako bi se štap uklonio, slobodni elektroni bi se vratili na svoja prvobitna mjesta, a naelektrisani dijelovi lopte bi nestali.

Ukoliko bi metalnu loptu uzemljili, tj. provodnom žicom spojili sa zemljom, negativna naelektrisanja bi napustila metalnu loptu, tako da lopta ostaje pozitivno naelektrisana. Proces naelektrisavanja tijela bez direktnog dodira tijela sa drugim naelektrisanim tijelom naziva se **elektrostatička indukcija**.

