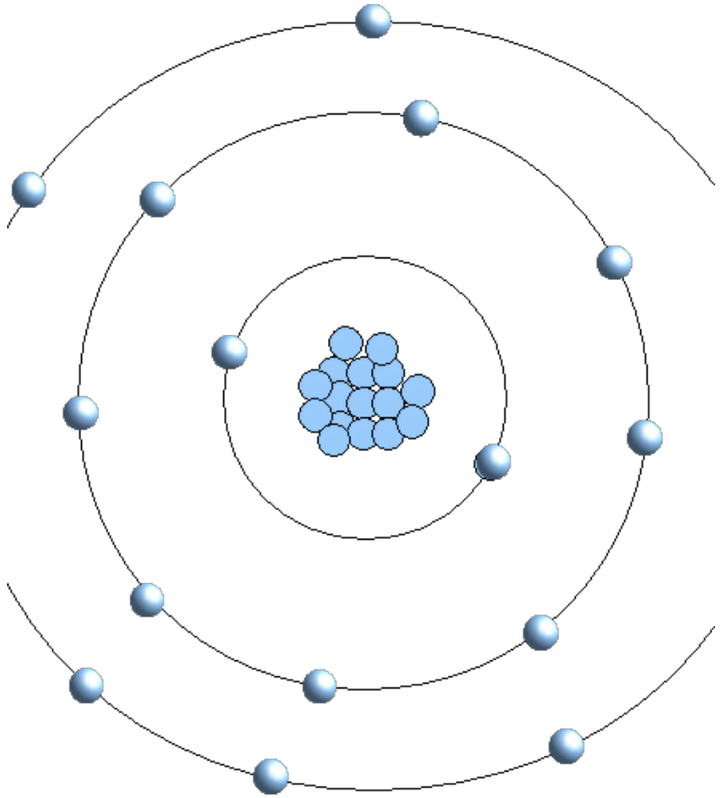
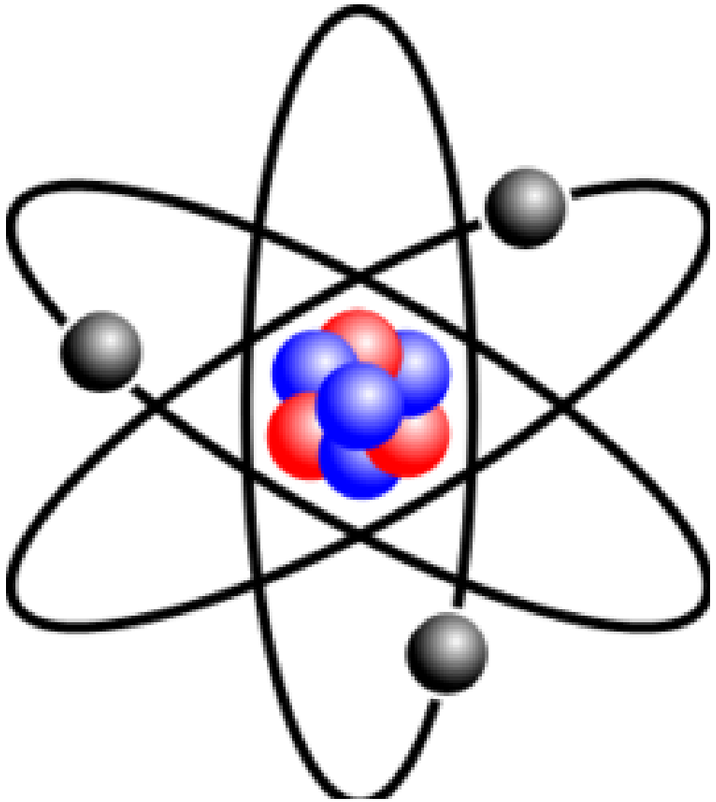
Osnovi elektrotehnike 1 2026/27

- Br ESPB: 7
- Fond časova: 3+3
- Semestar: 1
- Nastavnik: Dejan Blagojević
- Asistent: Milan Savic

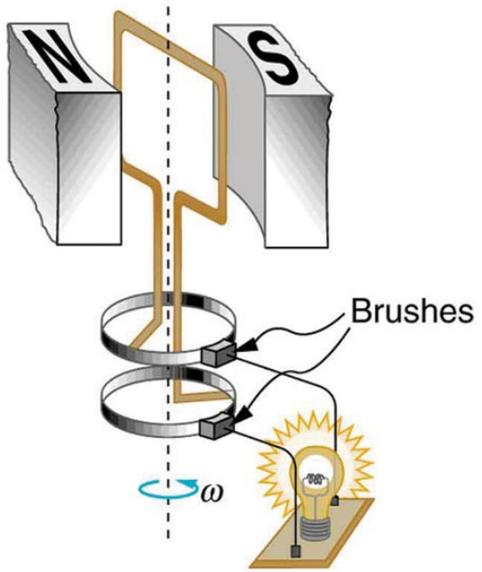
- **PREDAVANJA 1 i 2**

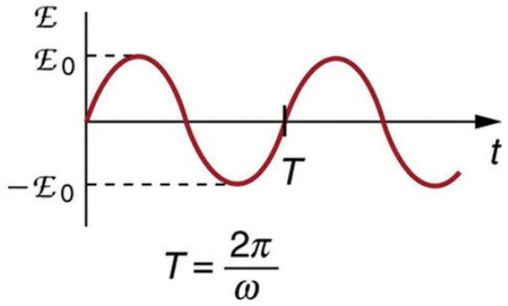
- **Priroda elektriciteta, Kulonova sila, Vektor jačine električnog polja, linije polja, električni potencijal, ekvipotencijalne površine.**

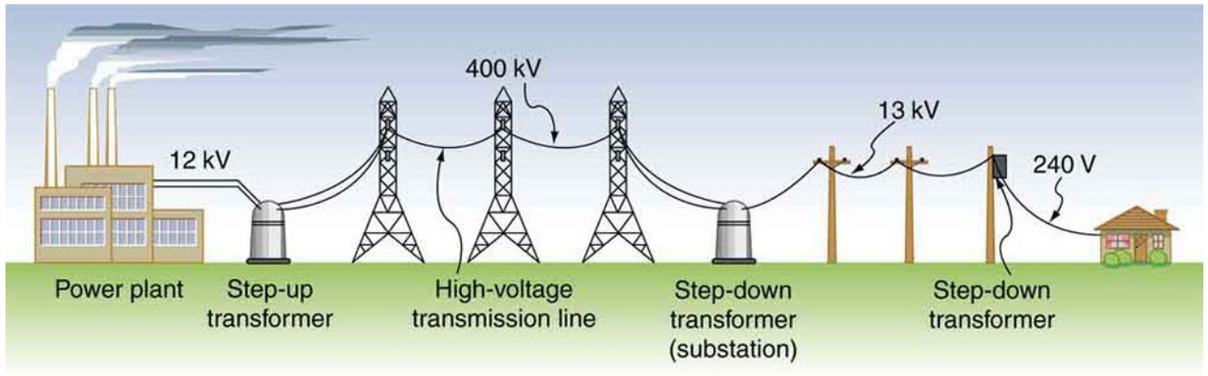


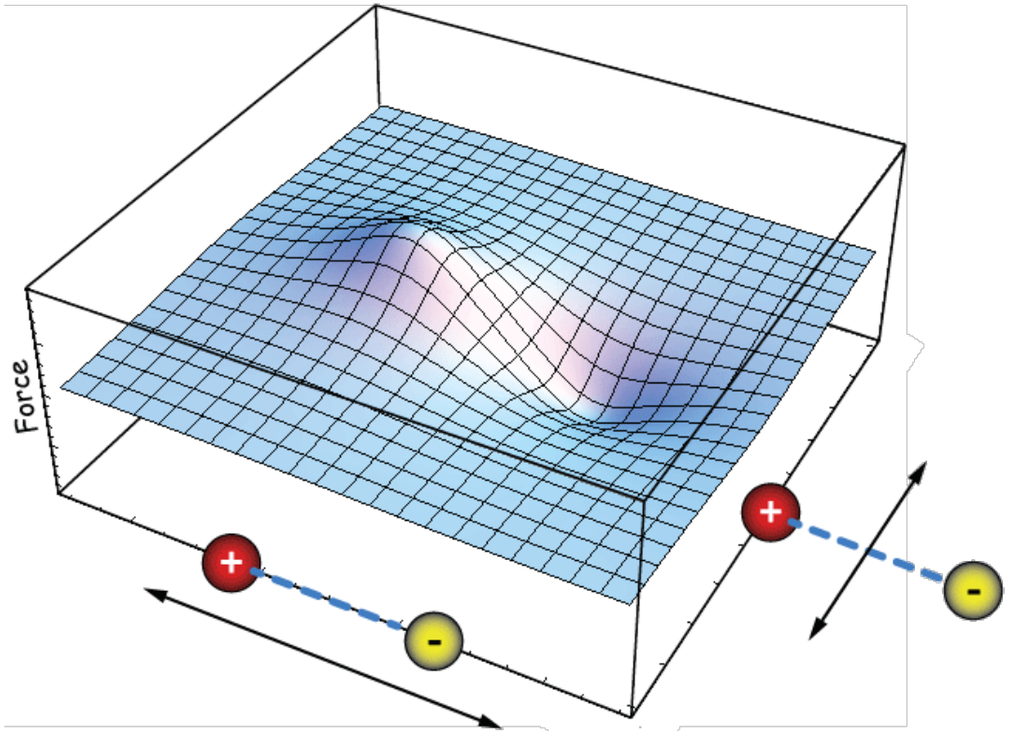


- Atom
- Struktura atoma
- Model





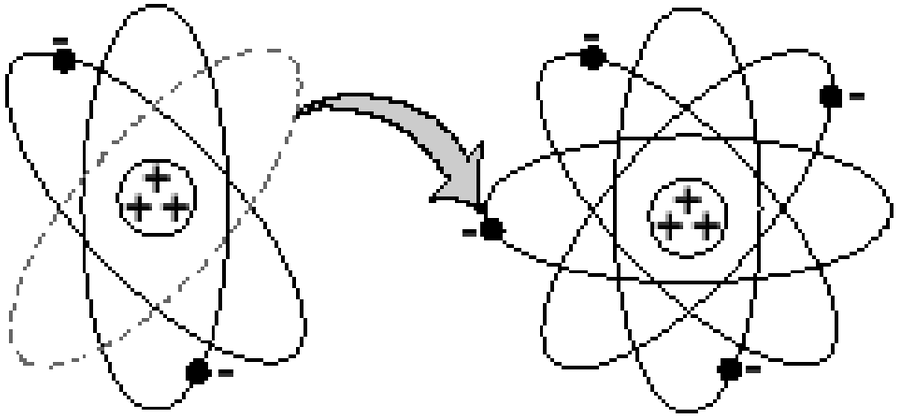




Energija	W
Snaga	P
Rad	A
Sila	F

Triboelectric Charge

Material Separation

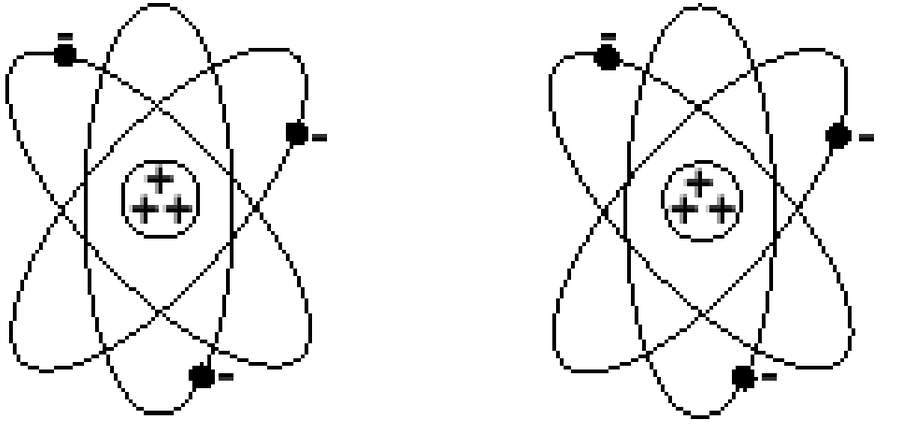


Material "A"
-2
+3
Net = +1

Material "B"
-4
+3
Net = -1

Triboelectric Charge

Material Contact



Material "A"
-3
+3
Net = 0

Material "B"
-3
+3
Net = 0

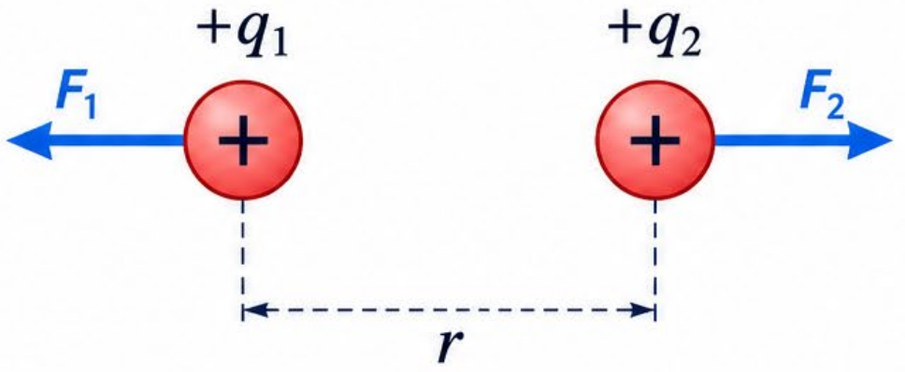

Console
Smoke
Wheel
b
Drink
a
Hand Movement
Bending
Interaction
Touching
Left Hand
Right Hand
c
3s
4s
5s
6s
7s
8s
9s
10s
11s
12s
13s
Safety
Stability

Kulonov zakon

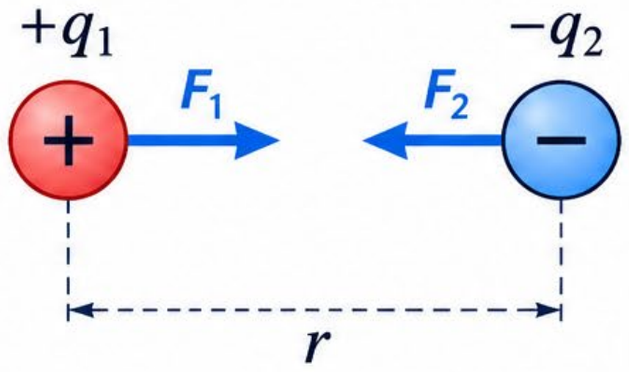
Elektrostatička sila između dva tačkasta naelektrisanja

Sila između dva tačkasta naelektrisanja je srazmerna proizvodu njihovih naboja i obrnuto srazmerna kvadratu rastojanja između njih.

Isti naboji – odbijanje



Suprotni naboji – privlačenje



Kulonov zakon (iznos sile):

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

$$k = 8.99 \times 10^9 \ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}$$

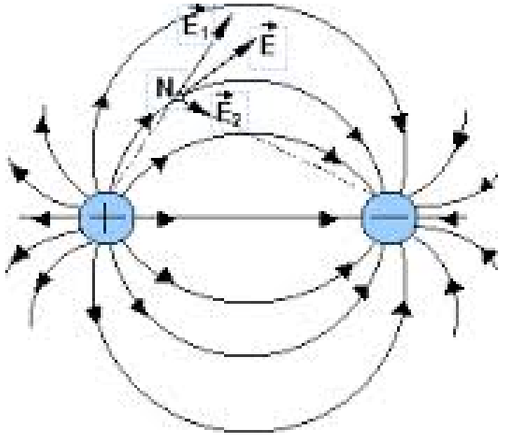
F – elektrostatička sila (N)

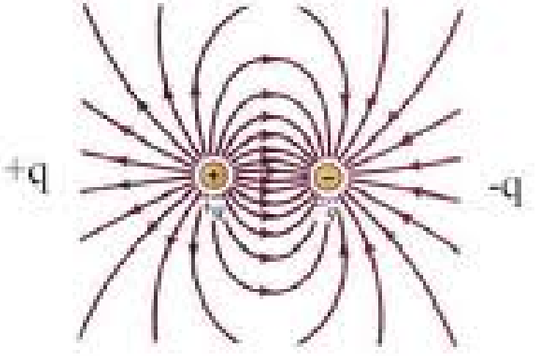
q_1, q_2 – naboji (C)

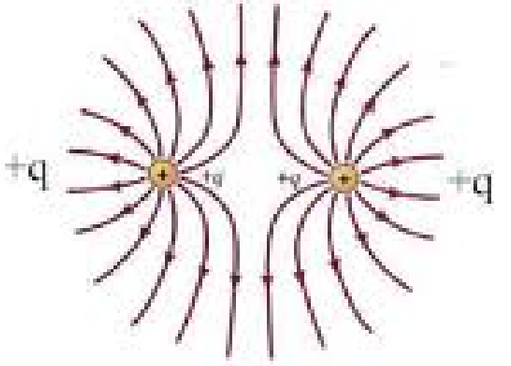
r – rastojanje između naboja (m)

k – Kulonova konstanta

$$k = 8.99 \times 10^9 \ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}$$

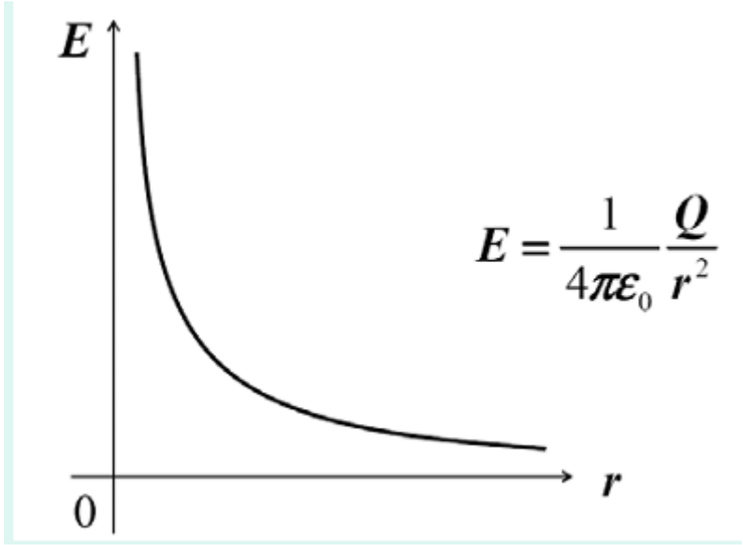

$\vec{E}_1$
$\vec{E}$
N
$\vec{E}_2$


+q
-q

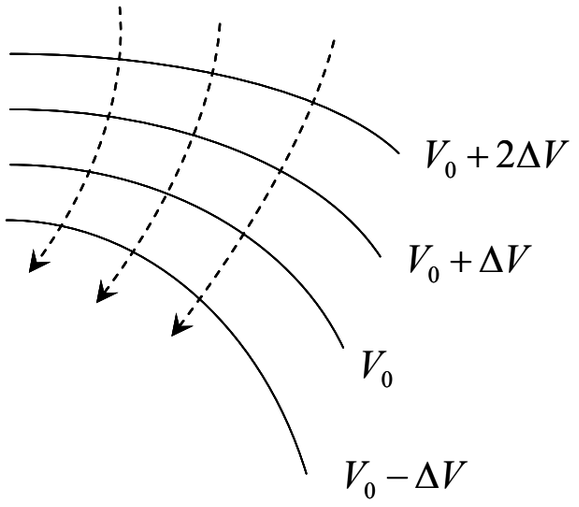

+q
+q
+q

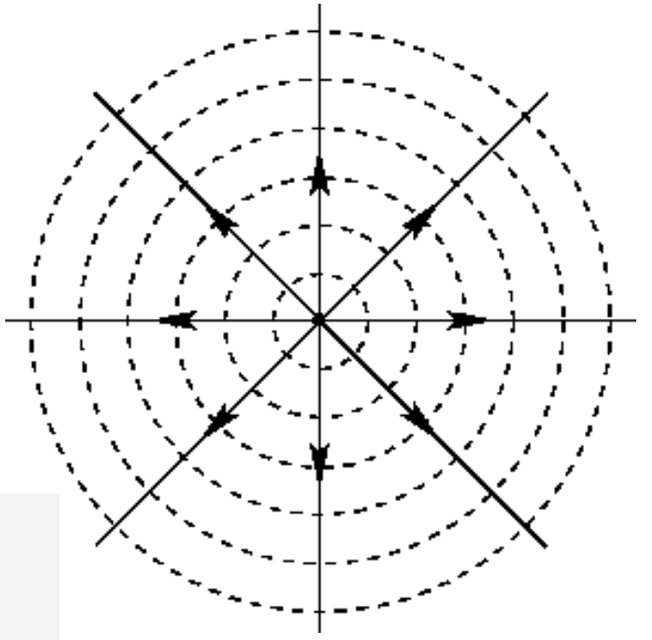
Potencijal tačkastog opterećenja

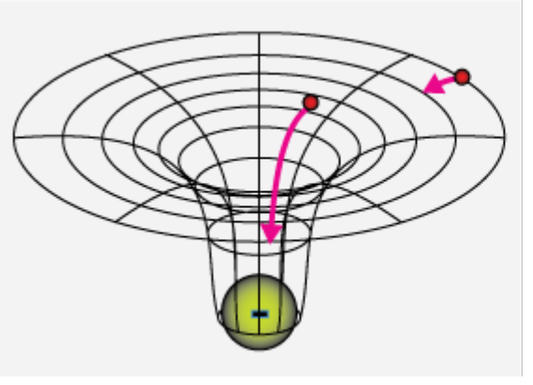
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\vec{r}_0$$

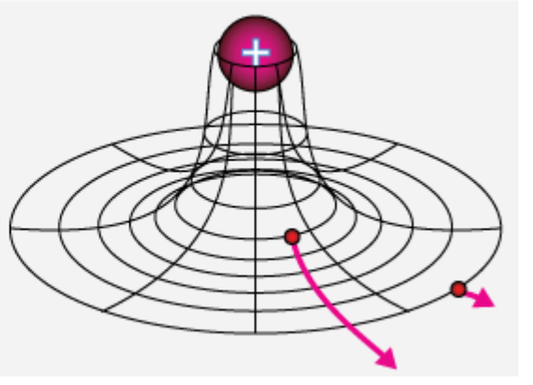


$$\varphi = \int_M^{\infty} Edl = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{r}$$





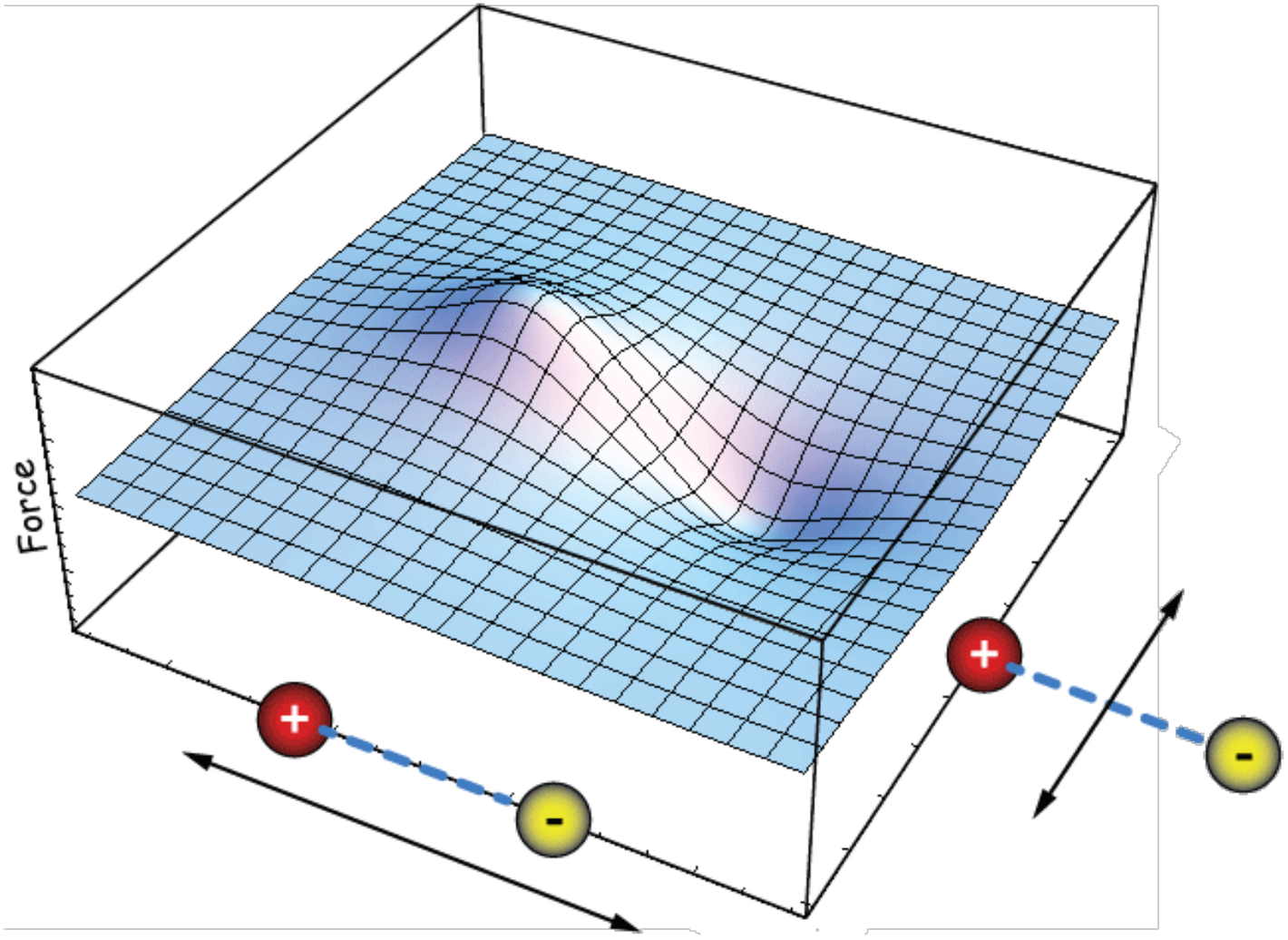


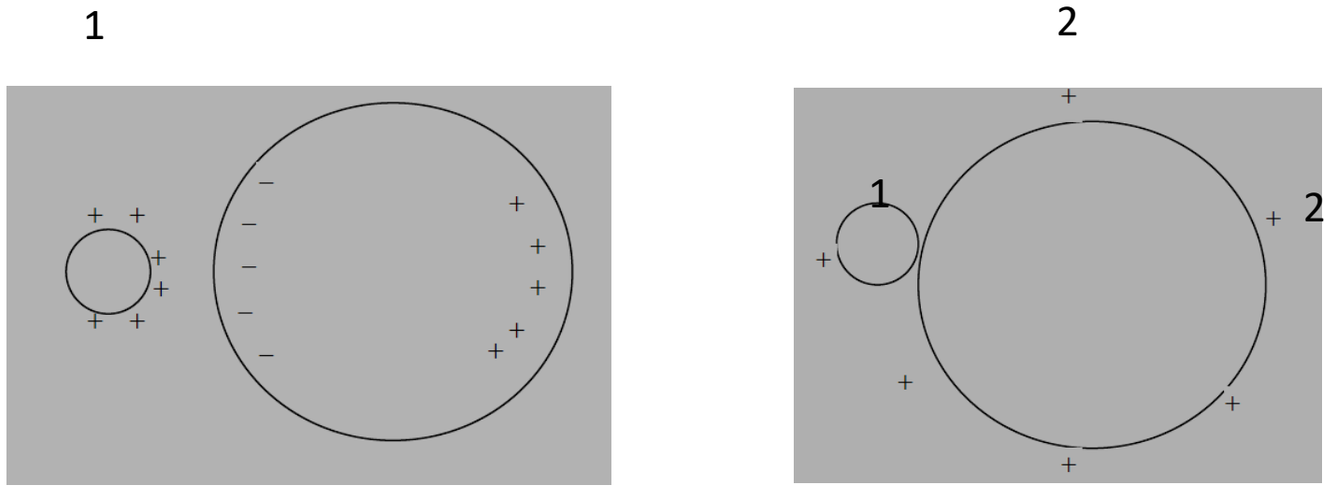


This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA-NC

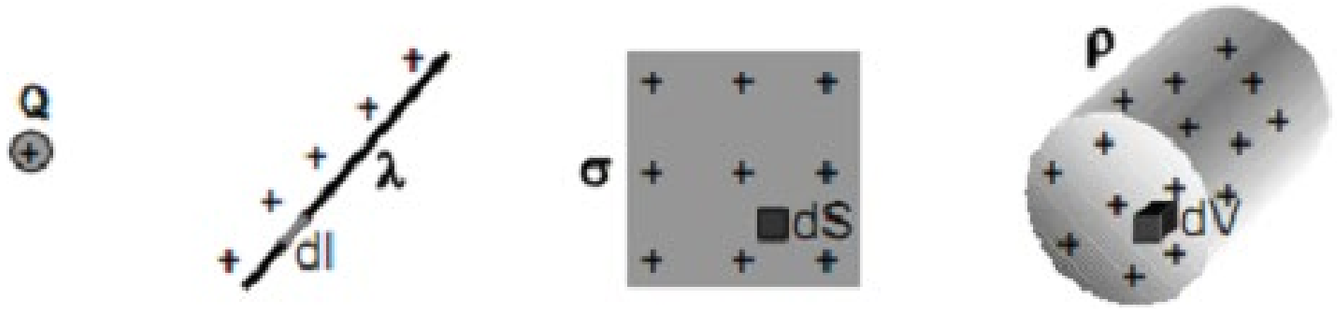
$$V(x, y, z) = const.$$

- Tačke u prostoru u kojima električni potencijal ima jednake vrednosti čine ekvipotencijalne površine.


Force
+
-
+
-



Kompletno naelektrisanje sa tela 1 je pri dodiru sa telom 2 prešlo na telo 2



Raspodela naelektrisanja po površini provodnika

Ravnoteža u prirodi!!!

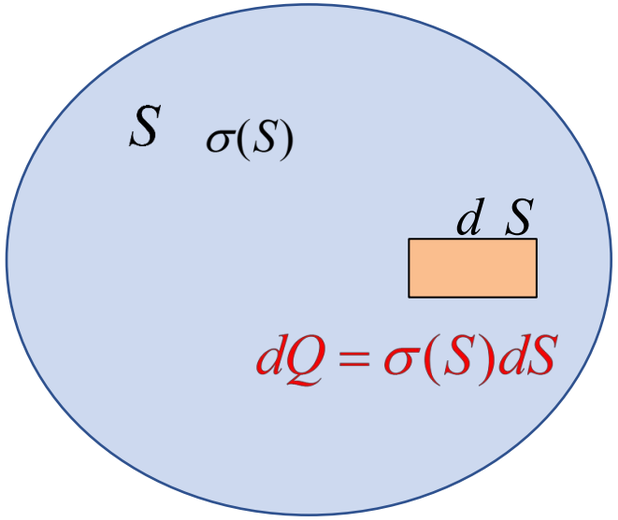
POVRŠINSKA RASPODELA NAELEKTRISANJA

Naelektrisanje je raspodeljeno po površini (površinsko naelektrisanje)

Površinska gustina naelektrisanja s (S):

- Konstantno površinska gustina naelek. s (S) = s = *Const*.

$$\Rightarrow \quad Q_s = \sigma S$$



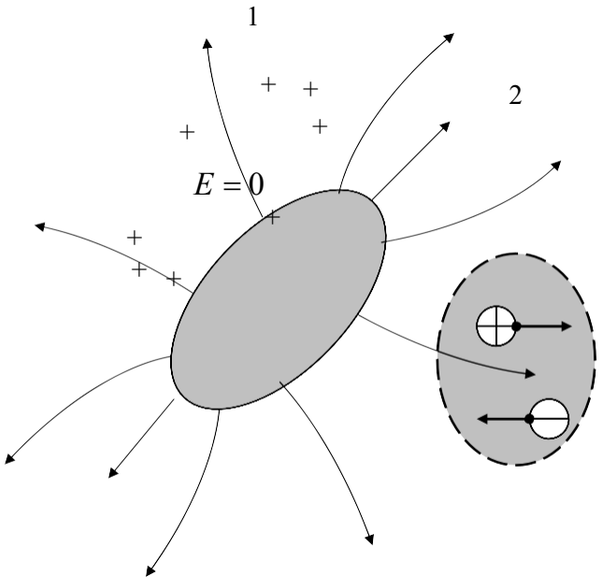
Promenljiva površinska gustina naelek.

$$\sigma(S) = \frac{dQ_{(na\ dS)}}{dS} \quad \Rightarrow \quad dQ_{(na\ dS)} = \sigma(S)dS$$

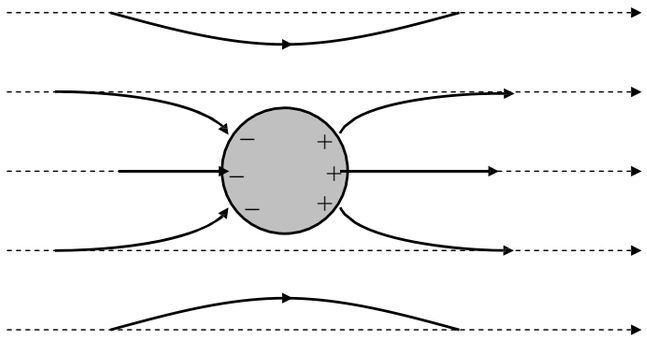
Provodnik u stranom električnom polju elektrostatička indukcija

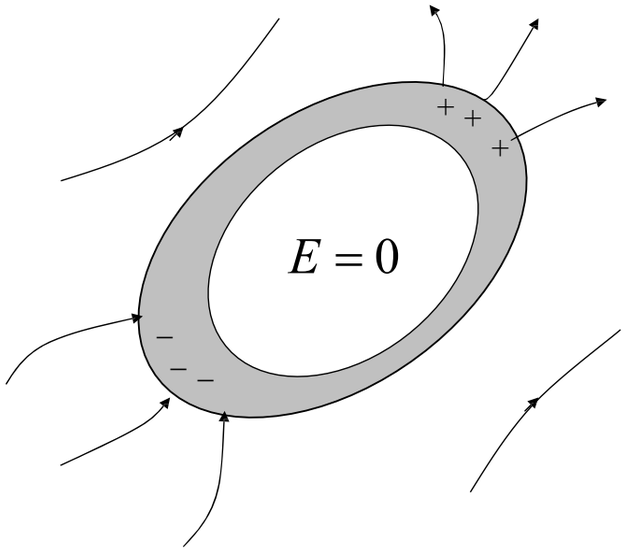
Kada se **NENAELEKTRISANO** provodno telo unese u strano električno polje dolazi do:

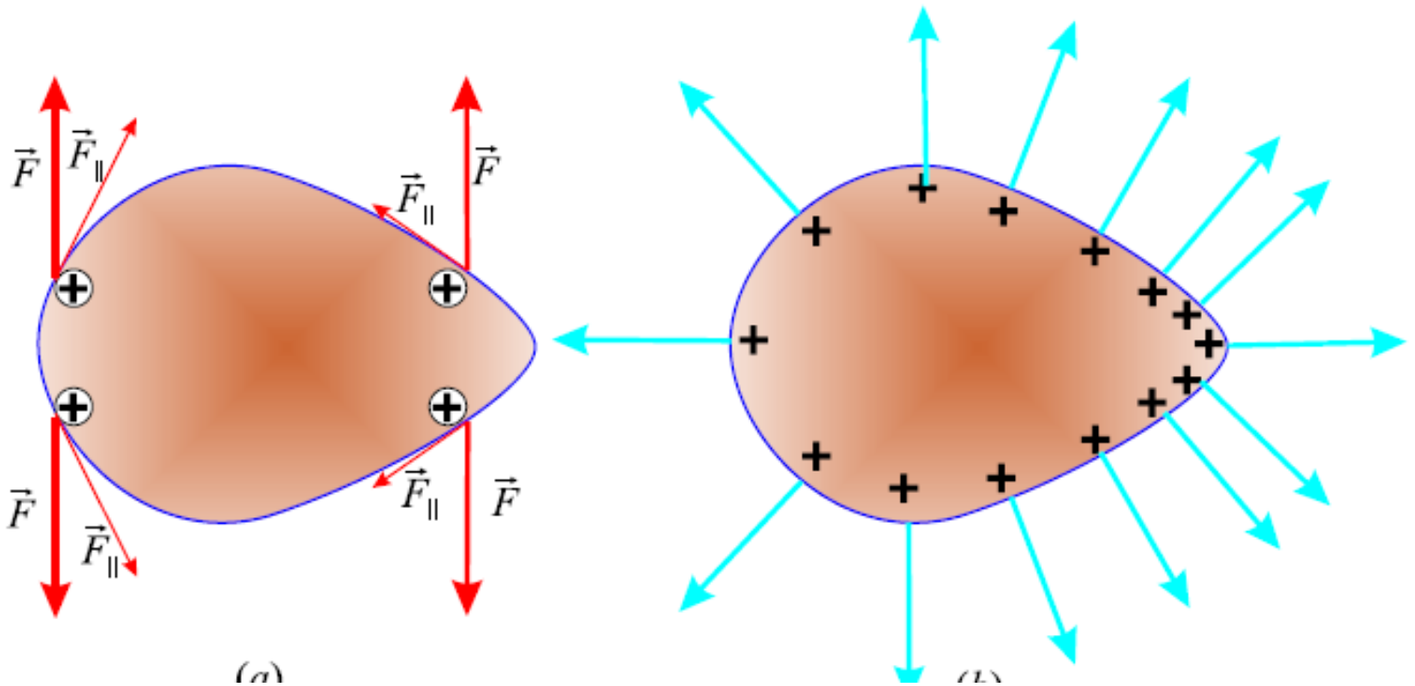
- kratkotrajnog poremećaja ranije uspo-stavljene elektrostatičke ravnoteže
- pomeranja lako pokretljivih opterećenja u svim provodnicima sistema.
- Proces se za-ustavlja posle ponovnog uspostavljanja elektrostatičke ravnoteže.



Uneto provodno telo uvek menja kako električno polje u svim tačkama, tako i raspodelu naelektrisanja na telima koja su izvor primarnoga polja.

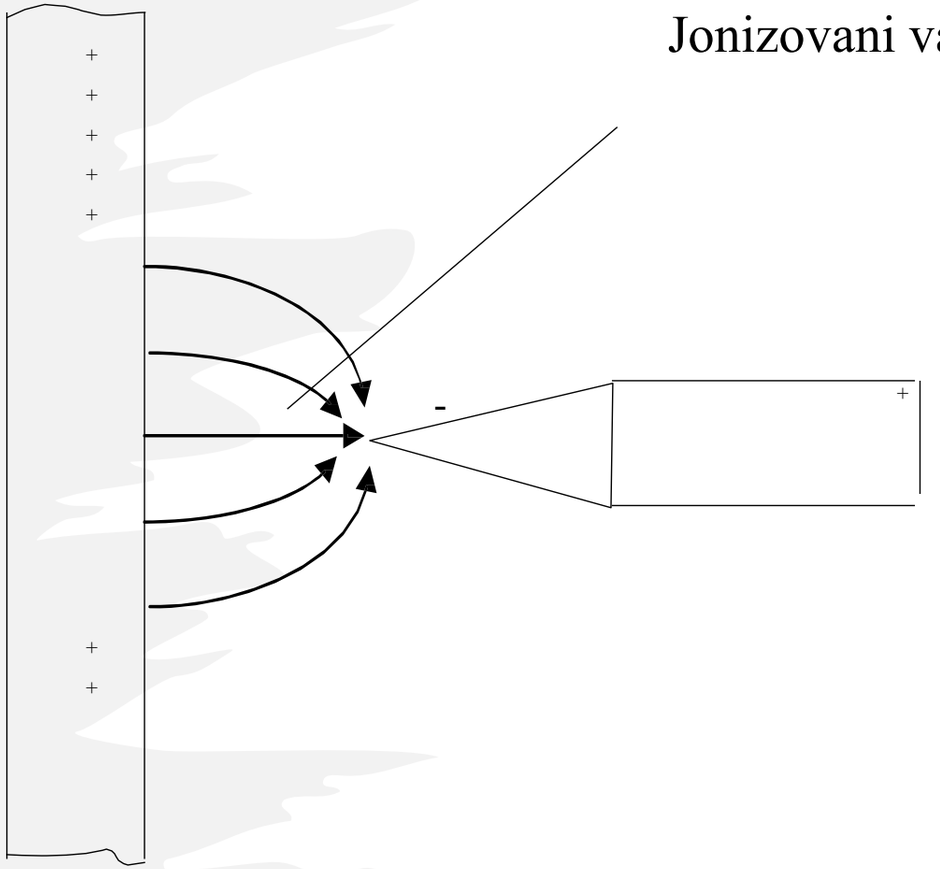


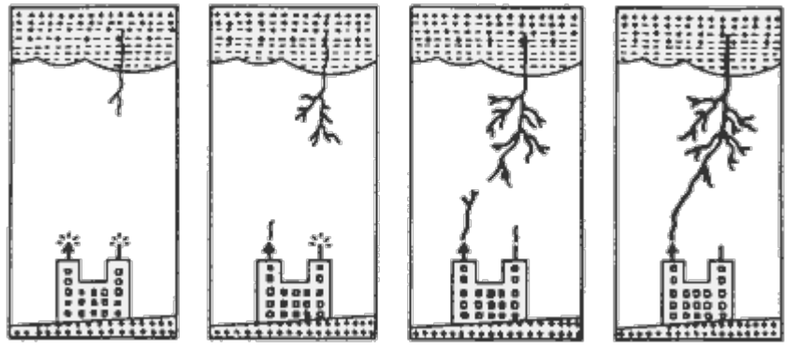


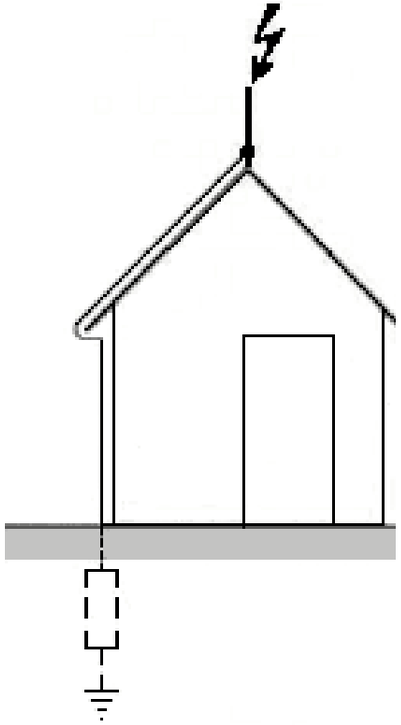


- Efekat ,,šiljka,,

Jonizovani vazduh











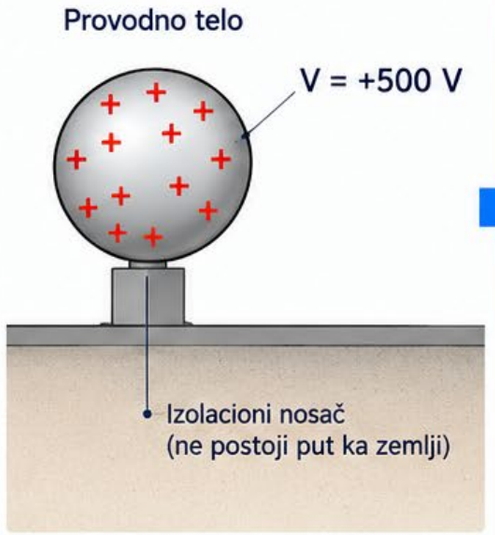
Prakitčni primeri efekta šiljka


XXX
XXX
ROYAL
AIR FORCE
Celebrating 90 Years
RESCUE

Efekat povezivanja naelektrisanog provodnog tela sa zemljom

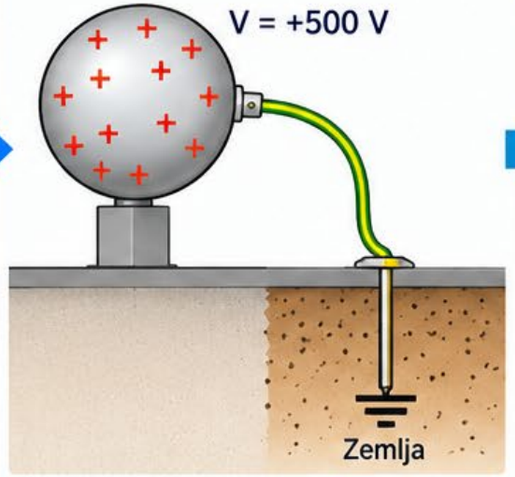
Telo se razelektriše. Potencijal tela postaje jednak nuli.

1. Naelektrisano provodno telo pre povezivanja sa zemljom



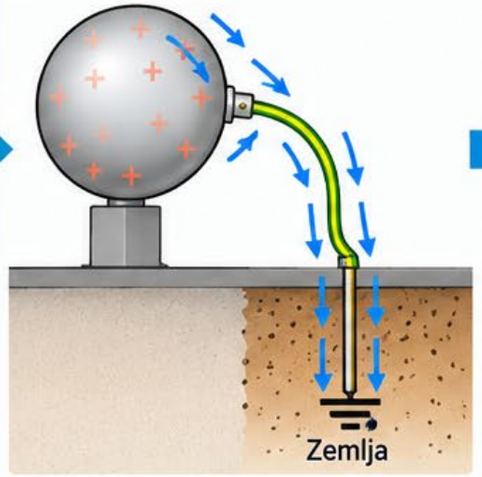
Telo je naelektrisano i ima potencijal +500 V u odnosu na zemlju.

2. Povezivanje sa zemljom



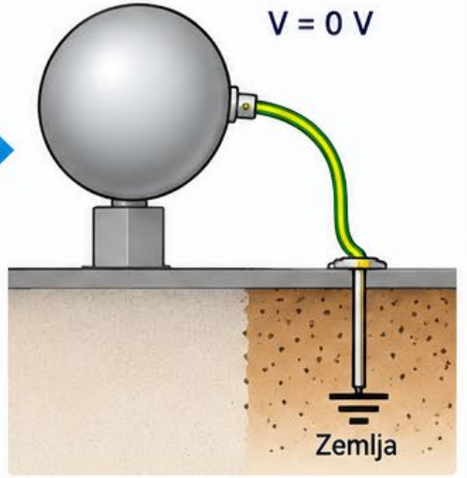
Povezivanjem provodnog tela sa zemljom, uspostavlja se put za odvođenje viška naelektrisanja.

3. Tok naelektrisanja (prema zemlji)



Višak naelektrisanja se preko provodnika odvodi u zemlju.

4. Nakon razelektrisanja



Telo se razelektriše. Njegov potencijal postaje jednak nuli (V = 0 V).

Zaključak:

- Povezivanjem naelektrisanog provodnog tela sa zemljom, elektroni (ili pozitivni naelektrisani delovi) se kreću kroz provodnik u zemlju.
- Telo gubi višak naelektrisanja i njegov potencijal postaje jednak nuli.
- Ovaj proces se naziva **uzemljenje** (grounding).

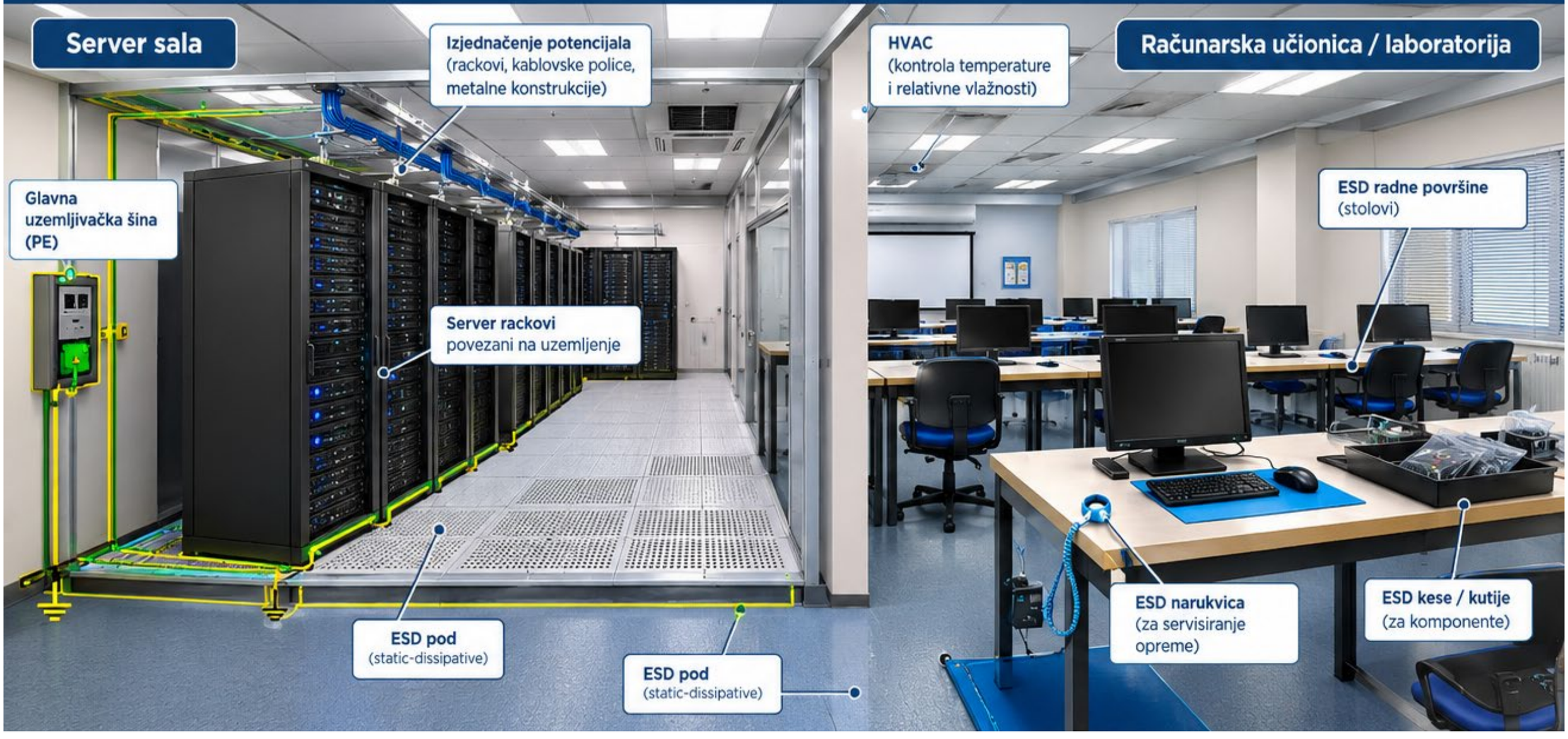
Uzemljenje je osnovna mera zaštite od statičkog elektriciteta i prenapona.

Tipični problemi izazvani statičkim elektricitetom

- Koncetracija prljavštine u radnom prostoru, / razne alergijske bolesti/
- Oštećenje osetljivih elektronskih uređaja
- Oštećenje memorijskih komponenti i računara
- Stvaranje varnica i izazivanje eksplozija u odgovarajućim prostorima

Zaštita od statičkog elektriciteta u server sali i računarskoj učionici

Uzemljenje + Izjednačenje potencijala + ESD pod + ESD radne površine + Pravilno rukovanje opremom



Šema uzemljenja i izjednačenja potencijala



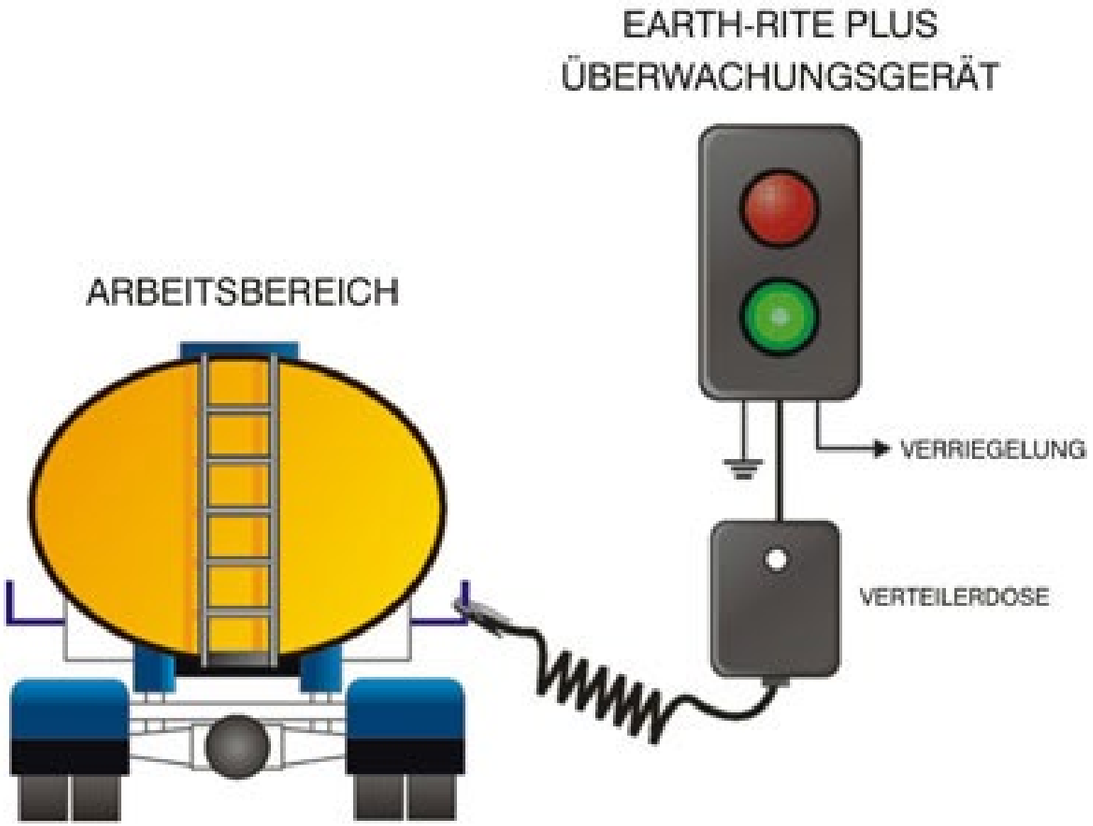
PE zaštitni provodnik
Izjednačenje potencijala
ESD zona / pod

1. **Uzemljenje**
   - zaštitno uzemljenje (PE)
   - rackovi i metalne konstrukcije
   - glavna uzemljivačka šina
2. **Izjednačenje potencijala**
   - kablovske police
   - metalni ormani i konstrukcije
   - svi provodni delovi
3. **ESD pod**
   - antistatički / static-dissipative
   - izbegavati tepihe
4. **ESD radne površine**
   - antistatički stolovi
   - ESD prostirke
5. **ESD zaštita osoblja**
   - ESD narukvice
   - korišćenje pri servisiranju opreme
6. **ESD oprema**
   - kese / kutije za komponente
   - transport i skladištenje
7. **HVAC / vlažnost**
   - kontrola temperature
   - relativna vlažnost 40–60% (preporuka)

Važne napomene

- Vlažnost pomaže, ali nije dovoljna za zaštitu od ESD.
- Ključna je kombinacija uzemljenja, izjednačenja potencijala, ESD poda, radnih površina i pravilnog rukovanja opremom.
- Koristiti standarde ANSI/ESD S20.20 i IEC 61340-5-1.
- Posebnu pažnju obratiti na servisiranje opreme (RAM, SSD/HDD, matične ploče, grafičke kartice, napajanje).

Cilj:
zaštita opreme, pouzdan rad i bezbedno rukovanje.


EARTH-RITE PLUS
ÜBERWACHUNGSGERÄT
ARBEITSBEREICH
VERRIEGELUNG
VERTEILERDOSE



Metode prevencije ESD u radnoj sredini

- Neutralizacija sredine
- Kontrola vlažnosti prostorije
- Kontrola rukovanja i inkapsulacije i transporta u okviru procesnih aktivnosti

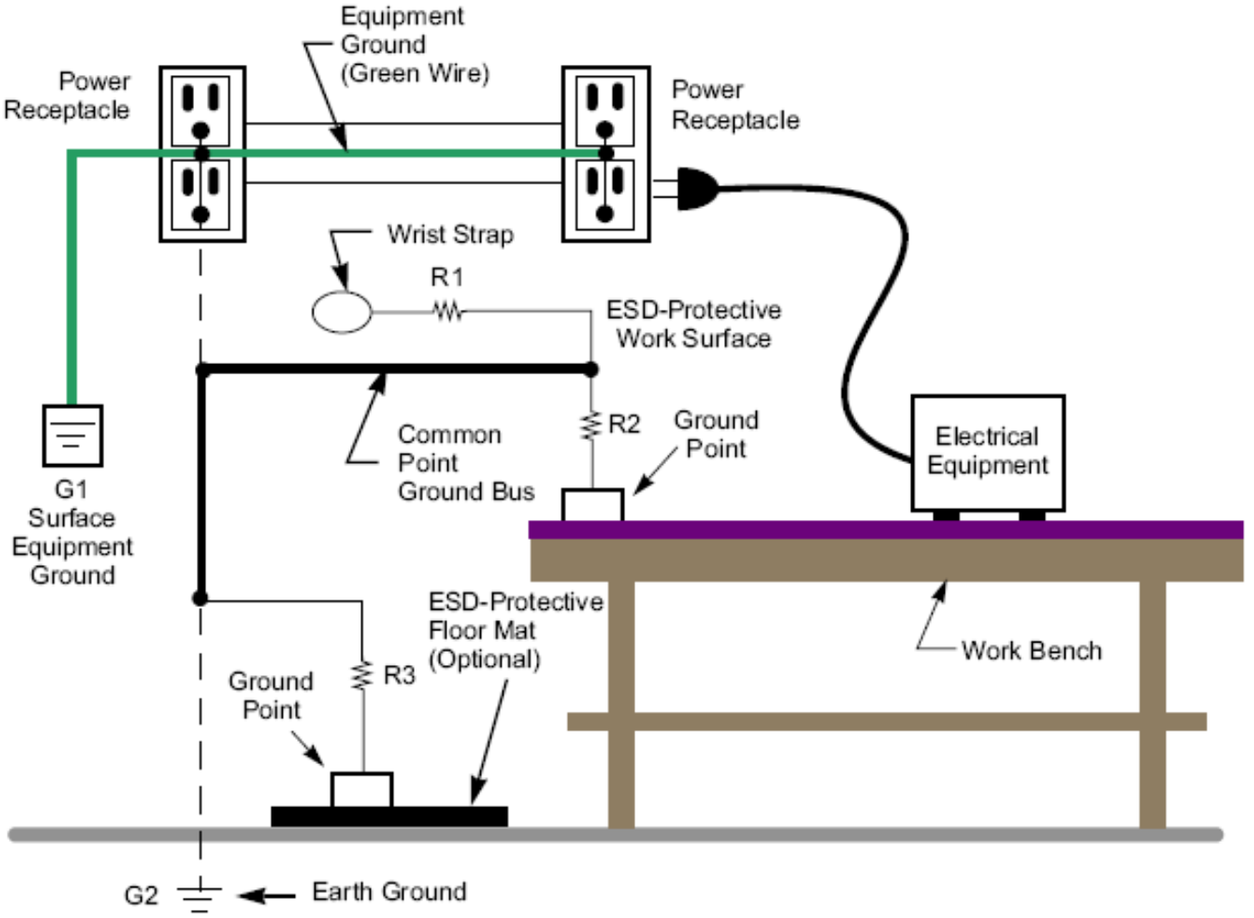




Neke metode prevencije u radnoj sredini

Obavezni postupci

Primer obezbeđivanja radnog prostra od ESD



Aspekti bezbednosti na radu i neželjena dejstva statičkog elektriciteta

Nastanak

- trenjem čestice ili trenjem dve površine,

- dodirivanjem i rastavljanjem dve razlčite supstance,

- proticanjem lako zapaljivih tečnosti,

- strujanjem prašine,

- prenošenjem obrtnog kretanja putem remenica i remenika.

Pozitivni primer delovanja statičkog naelektrisanja

Elektrostatske boje i lakovi
U industriji farbanja automobila koristi se princip statičkog naelektrisanja: boja se električno naelektriše, a metalna površina automobila ima suprotan naboj.

Elektrostatske mašine za separaciju zrna i prašine
U prehrambenoj i poljoprivrednoj industriji koristi se elektrostatsko odvajanje za čišćenje žita i drugih materijala. Naelektrisane čestice prašine se privlače naelektrisanim pločama i odvajaju od čistih zrna.

Filteri za vazduh (elektrostatski prečišćivači)
Uređaji za prečišćavanje vazduha koriste elektrostatske sile da privuku prašinu, polen i dim.
Naelektrisane čestice se "hvataju" na suprotno naelektrisane ploče, čime se vazduh čisti bez potrebe za zamenom filtera.

Laserski štampači i fotokopir aparati
Rade na principu statičkog naelektrisanja: svetlosni zrak formira sliku na naelektrisanom bubnju, a toner (prah) se lepi samo za naelektrisane delove i prenosi na papir.

Prirodno formiranje kiše (u meteorologiji)
Statika igra ulogu u formiranju kapljica unutar oblaka: naelektrisane čestice vode i prašine međusobno se privlače, što ubrzava stvaranje kišnih kapi.

Elektrostatske mašine u laboratorijama
Koriste se za demonstraciju osnovnih zakona elektrostatičkog polja i sile (npr. Van de Graf generator u obrazovanju).

Negativni primeri dejstva statičkog naelektrisanja

Električni udar pri dodiru metalnih predmeta
– Kada hodamo po tepihu, obuća stvara trenje i telo se naelektriše.
– Pri dodiru metalne kvake ili vrata, statički naboj se trenutno isprazni – oseti se mali “udar”.

Oštećenje elektronskih komponenti
– U proizvodnji i radu sa računarima, statički elektricitet može oštetiti mikročipove i memorijske module.
– Zbog toga tehničari nose **antistatičke narukvice** ili koriste **posebne podloge**.

Iskre i požari u zapaljivim sredinama
– U rafinerijama, benzinskim pumpama ili pri pretakanju goriva, statički naboj može izazvati varnicu i zapaljenje para benzina.
– Zato se koristi **uzemljenje cisterni i pumpi**.

Lepljenje odeće i prašine
– Tkanine od sintetike se naelektrišu i lepe jedna za drugu.
– Prašina se privlači na televizore, monitore i plastične površine zbog statičkog naboja.

Problemi u industrijskoj proizvodnji
– U štamparijama, tekstilnoj i plastičnoj industriji, statički elektricitet može izazvati slepljivanje materijala, kvar mašina ili iskrivljenje proizvoda.

Opasnost pri točenju goriva u avionima
– Tokom leta avion se naelektriše trenjem o vazduh.
– Ako se gorivo sipa bez prethodnog uzemljenja, može nastati iskra i izazvati eksploziju.

Zaključak

- Šta je statički elektricitet?
- Kako se boriti sa njim?

