ELEKTRIČNO POLJE

14.1. COULOMBOV ZAKON

Električna sila med naelektrenima kroglicama je premo sorazmerna s produktom nabojev obeh kroglic in obratno sorazmerna s kvadratom oddaljenosti njunih središč: $F = const.\frac{e_1 e_2}{r^2}$. Temu zakonu pravimo **Coulombov zakon**.

Coulombov zakon je lahko osnova za izbiro enote naboja. Definiramo: 1 **coulomb** (C) je naboj, ki odbija enak naboj na oddaljenosti 1m s silo 9 GN.

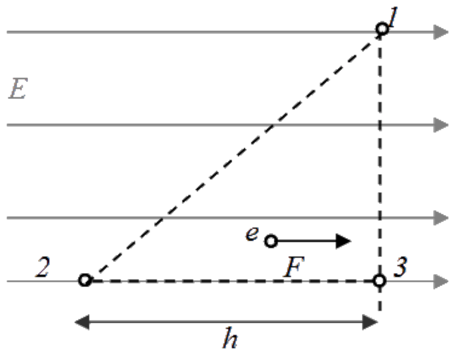
Za izbiro enote je določena sorazmernostna konstanta v Coulombovem zakonu: $const. = \frac{Fr^2}{e_1 e_2} = \frac{9\cdot 10^9 N\cdot (1m)^2}{1C\cdot 1C} = 9\cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$. Običajno pišemo: $const. = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, kjer je **$\varepsilon_0$ influenčna konstanta**. Lahko jo izračunamo: $\varepsilon_0 = 8{,}8\cdot 10^{-12} C^2/Nm^2$. S pomočjo konstante ε_0 zapišemo Coulombov zakon v obliki $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e_1 e_2}{r^2}$.

14.2. JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA

Naj bo F električna sila, ki na poti h opravi delo A=Fh. Z druge plati že vemo: merilo električne napetosti je delo opravljeno pri pretočitvi enote naboja. Imeli smo A=Ue. Zdaj pa enačimo Fh=Ue, ter vpeljemo kvocient E, ki mu pravimo jakost električnega polja: $E = \frac{F}{e} = \frac{U}{h}$. Sklepamo: jakost električnega polja nam pove:

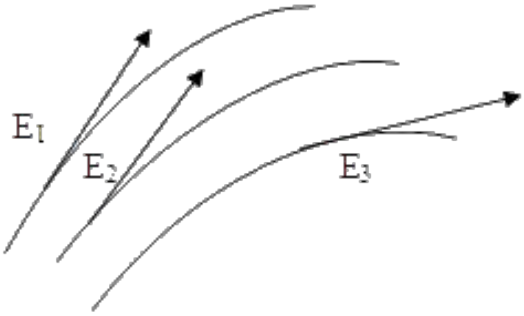
(i) kolikšna sila deluje na enoto naboja
(ii) kolikšna je napetost med mestoma, ki sta v smeri silnic oddaljeni za enoto dolžine.

Silo na naboj e v električnem polju lahko potemtakem zapišemo: F=Ee.

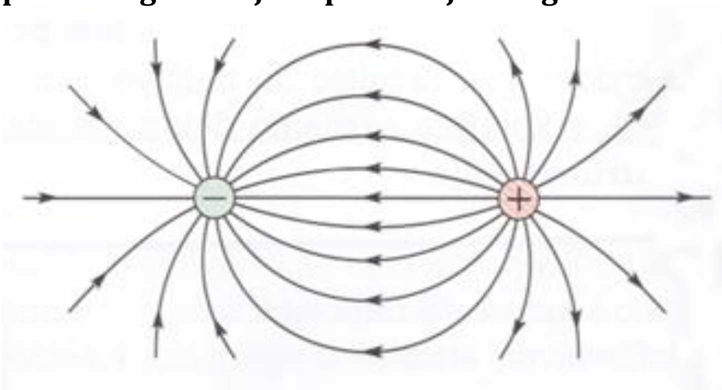


Prostor v katerem učinkuje električna sila, se imenuje **električno polje**. Smer in velikost električnih sil v električnem polju se od mesta do mesta spreminjata. Smer, ki jo ima na pozitiven naboj delujoča sila, imenujemo smer električnega polja na tistem mestu. Na negativen naboj deluje sila v nasprotni smeri. Če s črtico označimo smer električne sile od mesta do mesta v električnem polju in te črtice povežemo, dobimo krivulje, ki predstavljajo **silnice električnega polja**. Le-te na vsakem mestu s svojimi tangentami kažejo smer električnih sil.

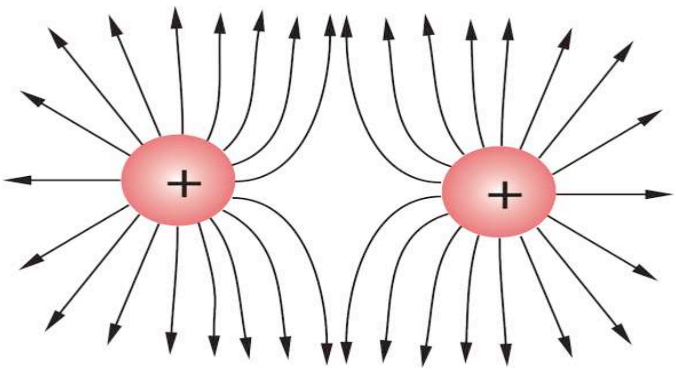
Električne silnice kažejo smer $\vec{E}$.



Silnice dveh enako velikih in raznoimenskih nabojev. **Silnice izhajajo iz pozitivnega naboja in poniknejo v negativnem naboju.**



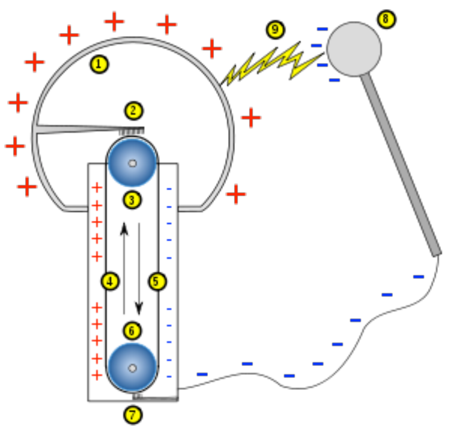
Električno polje dveh nabojev enakega predznaka:



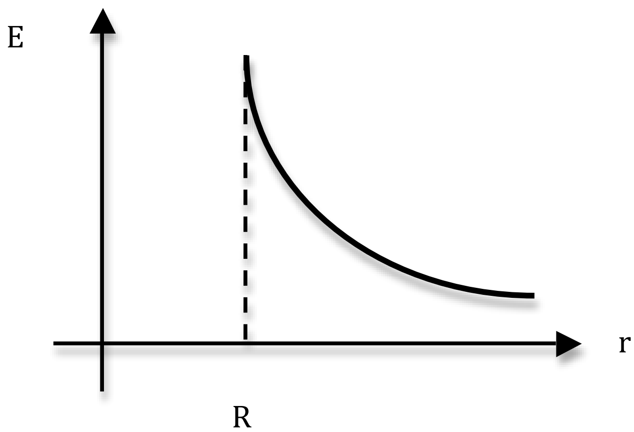
14.2.a JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA TOČKASTEGA NABOJA

$$E = \frac{F}{e'} = \frac{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{ee'}{r^2}}{e'} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e}{r^2}$$

14.2.b JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA –VAN DE GRAAFFOV GENERATOR

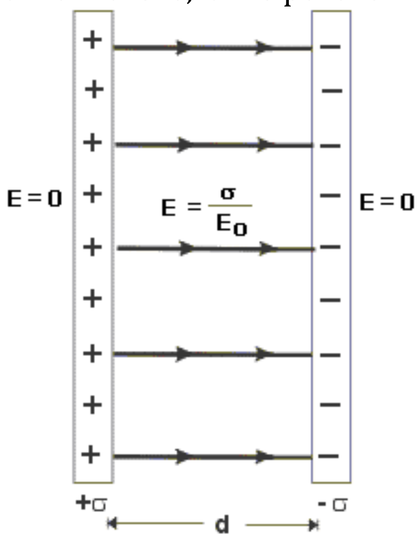


Van de Graaffov generator je elektrostatični generator, ki s pomočjo gibajočega traka zbere naboj na površini votle kovinske kroglaste lupine na vrhu naprave. Povedali smo že Faradayev zakon, da se ves naboj nabere na zunanji strani prevodnika. Tako je tudi pri Van de Graafovem generatorju. V sredini kroglaste lupine torej ni naboja in je zatorej jakost električnega polja tam 0. Največja je na površini. Ko se oddaljujemo od kroglaste lupine stran pa pada s kvadratom oddaljenosti, kot pri točkastem naboju: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e}{r^2}$.

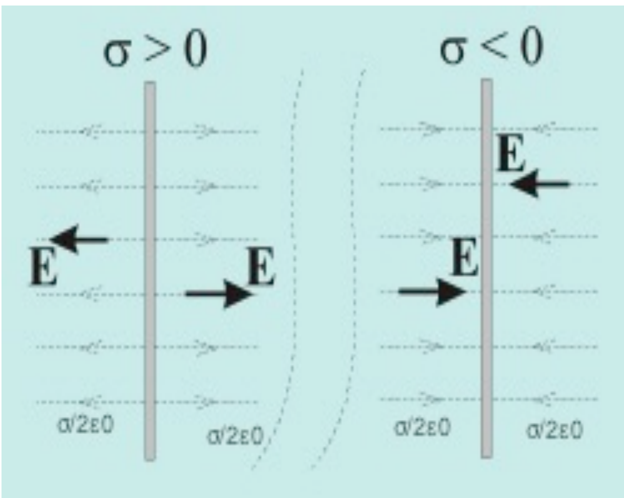


14.2.c JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA V PLOŠČATEM KONDENZATORJU

Kondenzator je elektrotehniški element, ki lahko shranjuje energijo v obliki električnega polja. Ploščati kondenzator sestavljata dve nasprotno nabiti ravni plošči.
Meritve dokazujejo, da je **površinska gostota naboja (σ)** na eletrodah ploščatega kondenzatorja sorazmerna jakosti električnega polja in da je v homogenem polju povsod enaka: $\sigma = \frac{e}{S} = \varepsilon_0 E$. Odtod sledi, da je jakost električnega polja $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$.
Sestavljanje električnih polj dveh vzporednih ravnih plošč, ki sta naelektreni raznoimensko, lahko ponazorimo:



14.2.c JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA V OKOLICI DOLGE RAVNE PLOŠČE



V okolici dolge ravne nabite plošče se jakost električnega polja razdeli in je torej $\sigma/2\varepsilon_0$ na vsaki strani. Silnice kažejo iz plošče ven, če je plošča nabita pozitivno in so usmerjene v ploščo, če je plošča nabita negativno.

14.3. KONDENZATOR

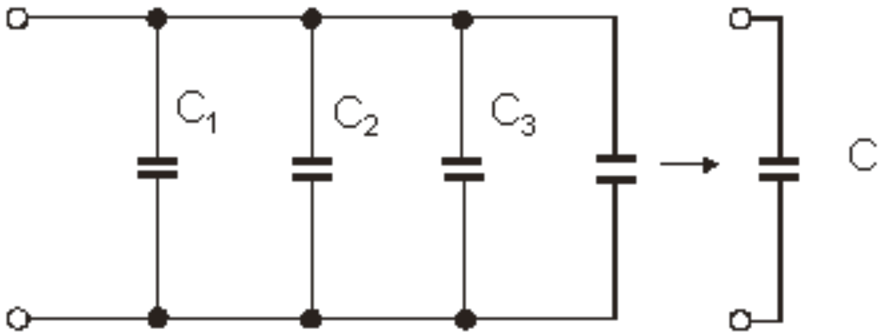
Poskus kaže: naboj kondenzatorja je sorazmeren napetosti med njegovima elektrodama: e=CU (1), kjer je C sorazmernostni factor, ki mu pravimo **kapacitivnost kondenzatorja**.
Če je površina vsake plošče kondenzatorja S, oddaljenost med ploščama pa d, potem je prostornina med ploščama Sd. Delimo enačbo (1) s to prostornino $\frac{e}{Sd} = C\frac{U}{Sd}$. Ker je e/S=σ in σ=ε₀E, dobimo $\frac{\sigma}{d} = \varepsilon_0\frac{E}{d} = C\frac{U}{Sd}$. Če upoštevamo še E=U/d, dobimo $C = \varepsilon_0\frac{S}{d}$ in pravimo: kapacitivnost kondenzatorja je sorazmerna površini in obratno sorazmerna razdalji elektrod.

Če označujemo kapacitivnost praznega kondenzatorja s C_0, napolnjenega z dielektrikom pa s C, imenujemo kvocient $C/C_0=\varepsilon_r$ **relativna dielektričnost izolatorja** (dielektrika). To pomeni: kapacitivnost kondenzatorja je sorazmerna z dielektričnostjo izolatorja, ki je med elektrodama. Lahko zapišemo tudi $C = \varepsilon_r\varepsilon_0\frac{S}{d}$.

Delo A, ki ga opravi vir napetosti, ko nabije kondenzator z nabojem e, se naloži kot energija električnega polja med ploščama kondenzatorja: A=Ec. Spomnimo se, da je električno delo za prenos naboja e pri napetosti U enako produktu naboja in napetosti. Toda v našem primeru napetost ni stalna, temveč se spreminja od nič do e/C, ki ustreza polnemu kondenzatorju. Vzamemo povprečno napetost $\overline{U} = \frac{0 + e/C}{2} = \frac{e}{2C}$ in za delo zapišemo $A = e\overline{U} = \frac{e^2}{2C}$, kar je **energija električnega polja kondenzatorja** $E_c = \frac{e^2}{2C}$ ...(1) oziroma $E_c = \frac{1}{2}CU^2$ ...(2). Ker je jakost električnega polja $E = \frac{e}{\varepsilon_0 S}$, kar implicira $e = \varepsilon_0 SE$ ter iz (1) dobimo $E_c = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 Sd$, kjer smo ustavili $C = \varepsilon_0\frac{S}{d}$. Ker je Sd=V prostornina med ploščama kondenzatorja, vpeljemo lahko **gostoto energije električnega polja**: $\varepsilon_c = \frac{E_c}{V} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$.

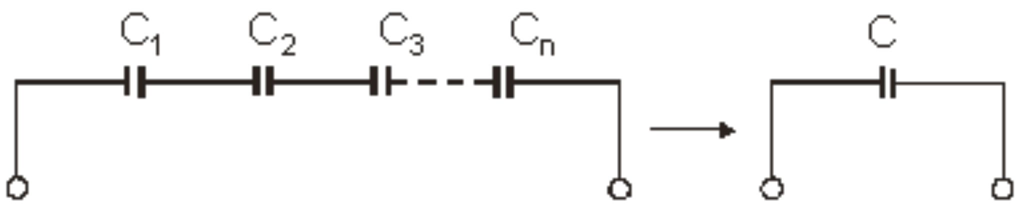
Kondenzator v krogu izmeničnega toka pomeni le majhen, v krogu enosmernega toka pa neskončno velik upor. Izračunajmo ta upor.
Ker je $I = \frac{de}{dt} \Rightarrow e = \int I dt = \int I_0 \sin(\omega t) dt$. Za napetost lahko zapišemo $U = \frac{e}{C} = \frac{1}{C}\int I_0 \sin(\omega t) dt = -\frac{I_0}{\omega C}\cos(\omega t) + const. = \frac{I_0}{\omega C}\sin(\omega t - 90°)$, kjer je const.=0, ker je U=0 pri ωt=90°. Maksimalna vrednost napetosti je $U_0 = \frac{I_0}{\omega C}$, **kapacitivni upor** pa $R_c = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega C}$.

VZPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV



Ker je $e = e_1 + e_2 + e_3 + \ldots + e_n \Rightarrow CU = C_1U + C_2U + C_3U + \ldots + C_nU$ dobimo za nadomestno kapacitivnost $C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n$.V splošnem: $C = \sum_{i=1}^{n} C_i$

ZAPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV



Ker je $U = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n \Rightarrow \frac{e}{C} = \frac{e}{C_1} + \frac{e}{C_2} + \frac{e}{C_3} + \ldots + \frac{e}{C_n}$, dobimo za nadomestno kapacitivnost $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$.