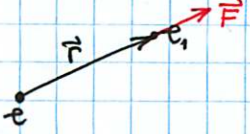
Coulombov zakon: $\vec{F} = \frac{e \cdot e_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$



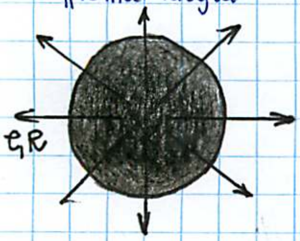
Gaussov izrek: $\sum_j \vec{E}_j \cdot \Delta\vec{S}_j \longrightarrow \int_{\text{po ploskvi}} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{\text{znotraj}} e_i$

ΔS

težave, če imamo kakšne repke v neskončnost!

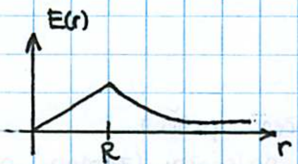
Primeri

- „Polna krogla"



$\vec{E}(\vec{r}) = E(r)\frac{\vec{r}}{r}$

$$E(r) = \begin{cases} \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r^2} ; & r \geq R \\ \frac{e}{4\pi\varepsilon_0}\frac{r}{R^3} ; & r \leq R \end{cases}$$



3D

- „Votla krogla z votlino"

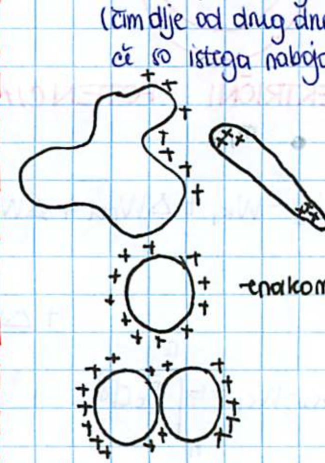
krogla z votlino: če je „votlina" postavljena nekoncentrično, je polje homogeno in $\vec{E} \propto \vec{d}$

- „Votla krogla" (krogelna lupina)

R, e (naboj na površini)

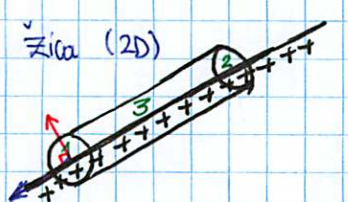
$r < R$: $E = 0$ (naboj je 0, polje je 0)
$r \geq R$: $E = \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$

Zanimivost:
Polje je lahko različne oblike, kjer se naboji različno porazdelijo (čim dlje od drug drugega, če so istega naboja):



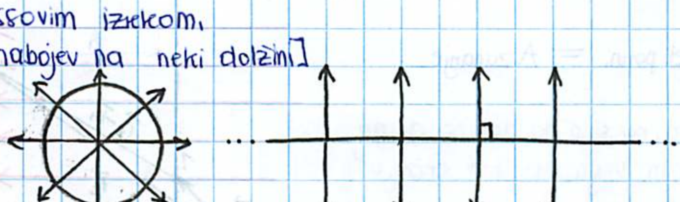
enakomerno

- Žica (2D)



žica je zelo dolga, na njej so naboji enakomerni razporejeni.
Če bi bila žica končna, bi se večina naboja nabrala na koncih le-te.

Pomagamo si z Gaussovim izrekom.
$\rho_\ell = \frac{e}{\ell}$ [koliko nabojev na neki dolžini]



$$\int \vec{E} d\vec{S} = \overset{1}{0} + \overset{1}{0} + \overset{3}{E(r)\, 2\pi r \ell} = \rho_e \cdot \ell \cdot \frac{1}{\varepsilon_0}$$

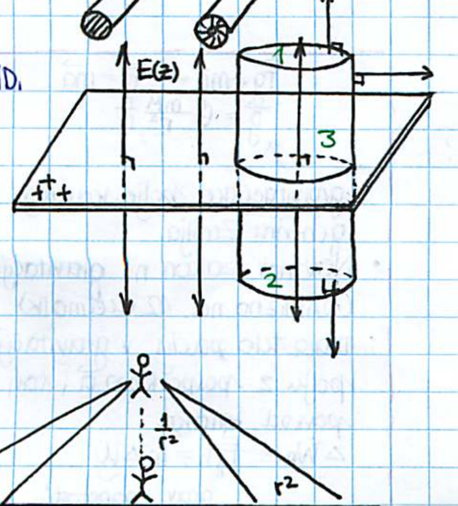
$$E(r) = \frac{\rho_e}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

silnice so lahko le pravokotno in radialno navzven.

Gaussova ploskev narašča linearno z r (plašč)

Analogno:

- 1D.



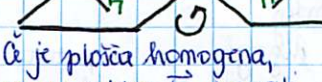
Podobno imamo S, h.
Zanima nas, kako se z višino spreminja polje $\vec{E}(z)$?

$\rho_s = \frac{e}{S}$ [koliko nabojev na m²]

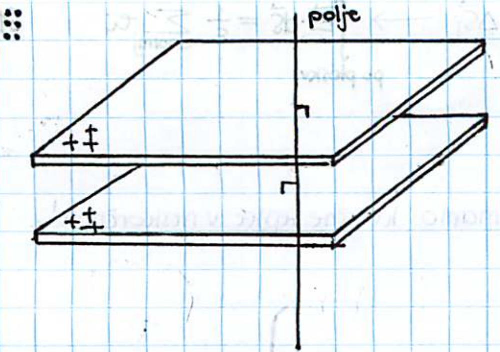
ker je normala ⊥ na $\vec{E}$

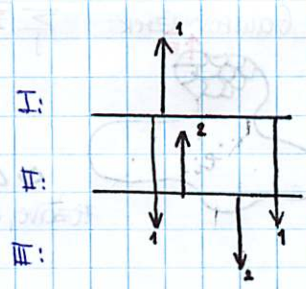
$$\int \vec{E} \cdot d\vec{S} = \overset{1}{E(z) \cdot S_0} + \overset{2}{E(z) S_0} + \overset{3}{0} = 2E(z) \cdot S_0 = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho_s S_0$$

$$E(z) = \frac{\rho_s}{2\varepsilon_0}$$ ← neodvisna od višine



Če je plošča homogena, mora vektor $\vec{E}$ kazati vedno v isto smer, četudi ploščo zavrtimo!





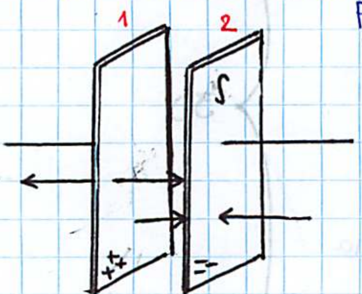
Polji se ne motita, sta neodvisni od prostora (razdalje)

$E_I = E_1 + E_2$

$E_{II} = 0$

$E_{III} = E_I$

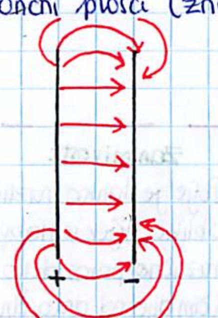
Kondezator (dve nasprotno predznačeni plošči)



Plošči sta neskončni, (znotraj) polje je homogeno.
Polje je zunaj enako 0.
Oba E_1 in E_2 sta neodvisna od r, a nasprotna:

$$E = \frac{\rho_s}{\varepsilon_0} = \frac{e}{S\varepsilon_0}$$

Končni plošči (znotraj (skoraj) homogeno, na robovih ni homogeno)



Silnica je neskončna in nikoli se ne razcepi.

ELEKTRIČNI POTENCIAL IN NAPETOST

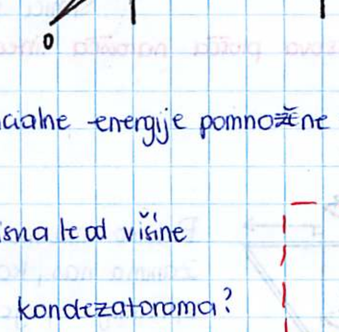
• m, e

$$W_{k_2} - W_{k_1} + \Delta W_{pot} + \Delta W_{prož.} = \int \vec{F_e}\, d\vec{s} + A_{druge}$$

$$+ \Delta W_{el.\,poten.} = A_{zunanje}$$

$$W_{e_2} - W_{e_1} = \ominus \int_{r_1}^{r_2} \vec{F_e}\, d\vec{s}$$

zato, ker smo ga dali na drugo stran in ga šteli kot energijo??



Či se elektron premika po silnici naprej (je prej miroval) in pravimo, da ga polje pospešuje.

$\vec{E}(\vec{r}) = \vec{E_0}$

$-eU = W_{e_2} - W_{e_1} = -e\,\vec{E} \circ (\vec{r_2} - \vec{r_1})$
$\qquad\qquad mgh$

eU .... električna napetost (razlika električne potencialne energije pomnožene z e)

$mgh = mU_g$

$U_g = gh$ ... napetost neodvisna od telesa, odvisna le od višine
$\hookrightarrow h = h_2 - h_1$

Kondezator ... zanima nas kolikšna je napetost med dvema kondezatoroma?

$$U = Ed = \frac{ed}{\varepsilon_0 S}$$

$$\vec{F_e} = e\vec{E} \;;\; \vec{F} = m\vec{a} \Longrightarrow e\vec{E} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e}{m}\vec{E}$$

$$W_e = -e\vec{E}\cdot\vec{s} = -e\int \vec{E}(\vec{r})\, d\vec{s}$$

$\Delta W_e = eU.$

$\vec{F_g} = m\vec{g} \quad \vec{F} = m\vec{a}$

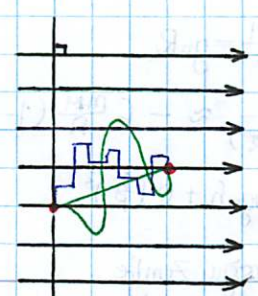
$\vec{g} = G\frac{M}{r^2}\cdot\frac{\vec{r}}{r}$

- gravitacijsko polje, katerega generira Zemlja.
- Newtnov zakon ni gravitacijski (približno na 12 decimalk)
- malo telo pada v gravitacijskem polju z pospeškom $\vec{a}$, torej je povsod enako.

$\Delta W_p = -\vec{F_g}\vec{h} = m\Delta \underbrace{U}_{\text{grav. "napetost"}}$

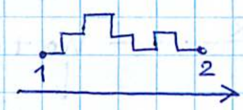
NAPETOST

(1) Homogeno polje
$E(\vec{r}) = E_0$



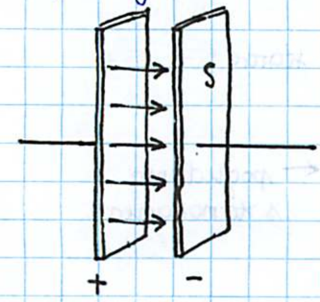
Ali je delo odvisno od poti, ko naboj z mesta 1 prenesemo na mesto 2? Če je neodvisno od poti, je delo smiselno definirati.

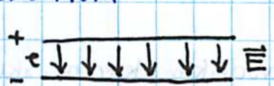
$\Delta W_e = -\vec{F}_e \cdot \vec{s} = -e\vec{E}\vec{s}$



Zanimajo nas deli, kjer se naboj ne giblje v pravokotni smeri

Tak primer je v resnici KONDEZATOR.





Delo opravimo, če naboj „dvignemo" nazaj na prejšnje mesto:

e - testni naboj

$\Delta W_e = e\mathcal{U} = eEd$

$\mathcal{U} = Ed$; $E = \frac{e_1}{\varepsilon_0 S}$

$\mathcal{U} = \frac{e_1 d}{\varepsilon_0 S}$

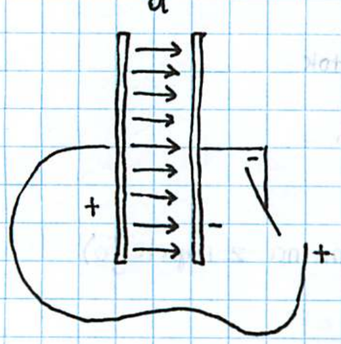
Če je razdalja majhna, je električno polje od razdalje neodvisno.

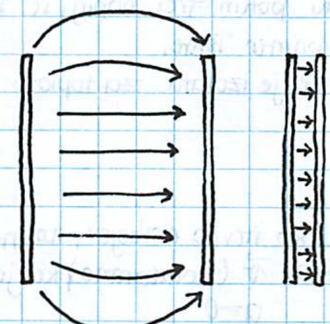
KAPACITETA

(ni nujno, da gre za kondezator)

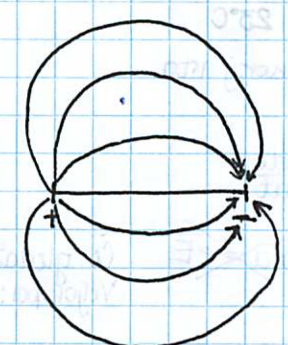
Koliko naboja (gre) lahko damo na dve plošči pri dani napetosti?

$C = \frac{\text{naboj}}{\text{napetost}} = \frac{e_1}{\mathcal{U}} = \frac{e_1 \varepsilon_0 S}{e_1 d} = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$

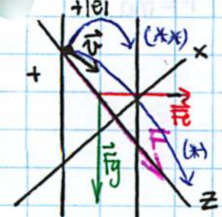




če polje ni homogeno



polje točkastega dipola



Pot naboja |e| z hitrostjo $\vec{v}$ je parabola (*).
Če |e|-naboj vržemo v x osi pravtako dobimo parabolo (**), $\mathcal{U}$ pa se z razdaljo ne spreminja več.

$m\vec{g} + e\vec{E} = \vec{F} = m\vec{a}$

dva naboja z istim predznakom se odbijata!

(2) točkasti naboj: W_e

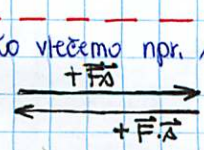
$\Delta W_e = -\int_{r_1}^{r_2} \vec{F} d\vec{r} = \frac{-ee_1}{4\pi\varepsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{ee_1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) \stackrel{\text{DEF.}}{=} W_{e_2} - W_{e_1}$

konservativna sila (potem je integral neodvisen od poti, dovolj je da poznamo začetno in končno mesto)

$W_e \stackrel{\text{DEF}}{=} \frac{ee_1}{4\pi\varepsilon_0 r} \approx e_1 E h$

↳ ko e premakneš

Ko vlečemo npr. stol, opravljamo delo.



Sila ni konservativna!

$F_t \sim -\text{sign}(v)$

Primer konservativne sile: $F_{\text{vz}} \sim -kx$ (saj se vrne v isto točko, če vzmet pustimo)

(*) Pri gravitaciji je graf:
(če sta bili masi enaki, sta se privlačili, zato obraten graf)

Wg.... gravitacijska energija

$\Delta W_p = mgh$

$\frac{GM}{R} = g_0 R$

$r = R+h$

$W_g = -G\frac{mM}{r} = -G\frac{mM}{R+h} = -G\frac{mM}{R(1+\frac{h}{R})} \approx -G\frac{mM}{R}\left(1-\frac{h}{R}+\left(\frac{h}{R}\right)^2+\dots\right) =$

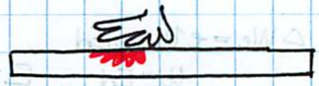
$= -g_0 R + g_0\frac{mhR}{R} - \dots = W_0 + mg_0 h + O\left(\frac{h}{R}\right)^2$

W_0 ↓ na površju Zemlje

PREVODNIKI, IZOLATORJI, ELEKTRIČNI TOK, UPOR

Električni tok v grobem rečeno v prevodnikih teče dobro, v prevodnikih, kjer oz. skozi katere teče slabo, imenujemo izolatorji.

$T = 23°C$

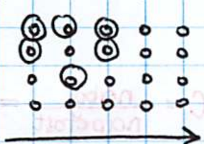


← pogledamo s termokamero.

toplota se hitro širi, ker so v kovini gibljivi elektroni, ki so zelo slabo vezani na svoj matični del (vedno se najde skupek elektronov, ki pripadajo vsem matičnim delom)

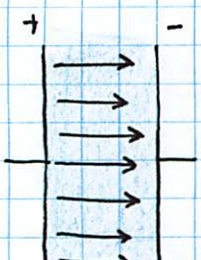
Temperatura ostane skoraj ista.

Les očitno slabo prevaja, saj se mesto, kjer je bila roka, segreje na 36°C, ostali les pa ostane pri 23°C.



Če je zunanja el. sila zelo velika, odtrga elektron, ki potem frči naprej, se zaletava in deformira – primer iskre.

Les je izolator za toploto in el. tok.



(el. polje konstantno, e imajo neko hitrost)

$I = \frac{de}{dt}$

$\vec{F} = m\vec{a} \cancel{= e\vec{E}}$

Če gledaš veliko število nabojev, to ne velja.

Velja pa: $\underbrace{\vec{F} \propto \vec{v}}_{\text{Ohmov zakon}}$ (konstantna, ker je sorazmerna z napetostjo)

$a = 0$

Ohmov zakon (F. postelja) ? Fakirjeva postelja ?

Vsak naboj zase pa res poskakuje z Newtonovo enačbo $\vec{F} = m\vec{a}$.

$I \propto U = Ed$

$I \propto v \propto E \propto U$

Ohmov zakon

$I = \frac{U}{R}$ R.... upor

upornik

$U = RI$

IZVOR NAPETOSTI (BATERIJA, GENERATOR, ...)

$\Delta W_p = mgh = mU_g$

$\Phi_m = \frac{dm}{dt}$

$\Delta W_e = eEd = eU$

$I = \frac{de}{dt}$