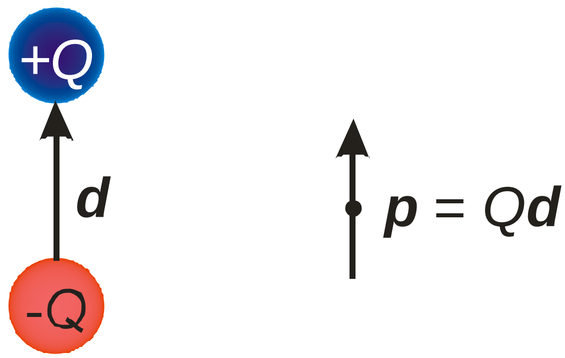
ELEKTRIČNI DIPOL
z Matlabom



Električni dipol predstavljata dva nasprotno predznačena naboja razmejena s fiksno razdaljo dolžine d. Zapišemo ga z električnim dipolnim momentom. Kljub neki končni dimenziji smatramo, da je dipol tako majhnih dimenzij, da ga lahko »postavimo« v določeno točko. Opozoriti velja, da je električni dipolni moement definiran kot produkt naboja in vektorja ***d***: ***p*** = *Q****d***, pri čemer je vektor ***d*** usmerjen od negativnega naboja v smeri pozitivnega (v nasprotni smeri, kot bi bilo polje med pozitivnim in negativnim nabojem). Razlog je v tem, da je definiran tako, da se v primeru možnosti prostega vrtenja usmeri v smer zunanjega polja.
Ker je električni dipol pomemben koncept v elektrotehniki, si oglejmo njegove lastnosti bolj podrobno. Predvsem nas zanima potencial in polje v okolici električnega dipola. Za grafično predstavitev bo uporabljen program Matlab.

Primeri grafičnih prikazov potenciala in polja v okolici električnega dipola

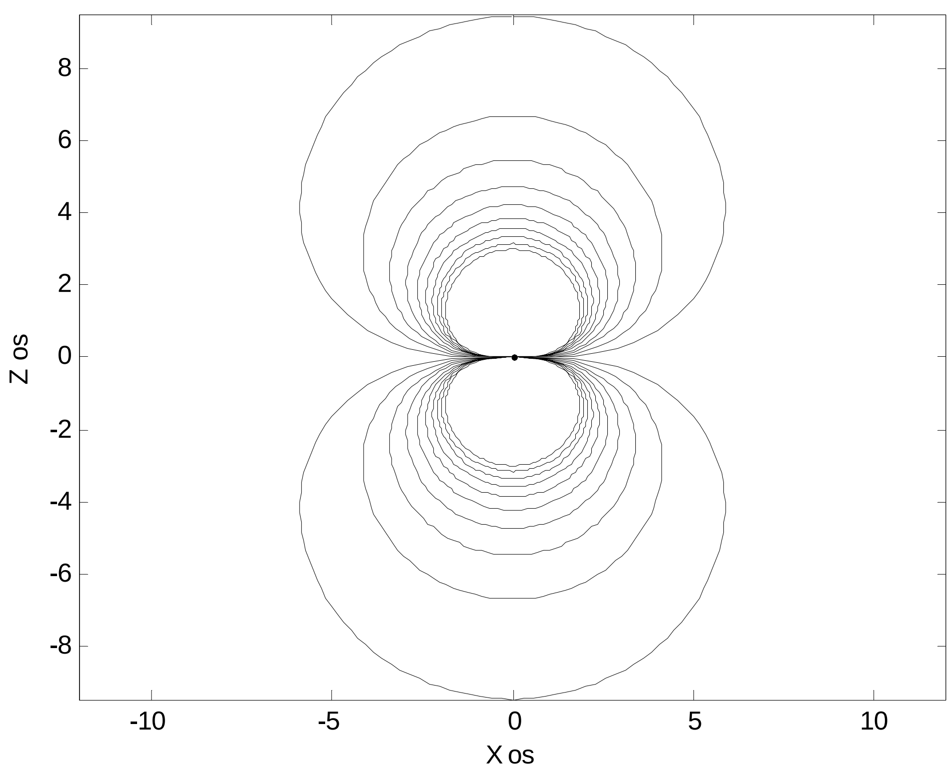
Vzemimo električni dipol, ki se nahaja v koordinatnem izhodišču. Izrišimo ekvipotencialne ravnine za dipolni moment $p = 10^{-8}$ Cm, ki je usmerjen v smeri osi Z. Poleg tega izrišimo potek potenciala vzdolž Z osi.

1. IZRIS EKVIPOTENCIALNIH RAVNIN IN POTEK POTENCALA VZDOLŽ Z OSI

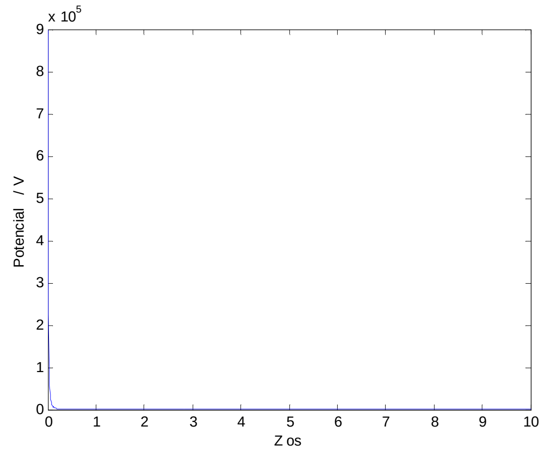
Matlab: Uporabimo enačbo $V(T) = \dfrac{Qd\cos(\vartheta)}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \dfrac{p\cos(\vartheta)}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$, kjer za določene napetosti (od 0 do 10 V po 1 V) in vrednosti theta od 0 do pi določimo vrednosti radija. Te pretvorimo v vrednosti na X osi in Z osi.

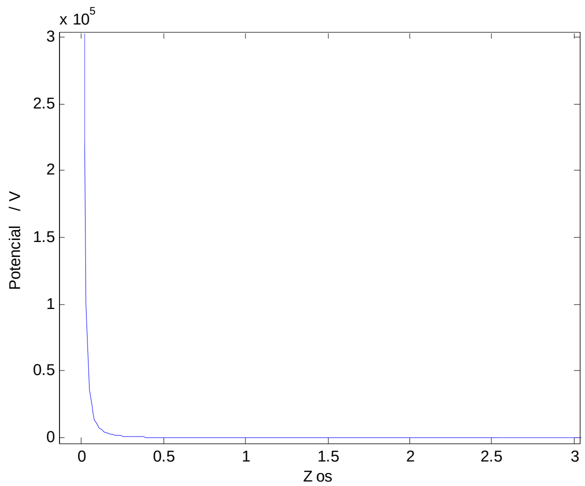
```
% dipol.m
% izris ekvipotencialnih ravnin v okolici dipola
for Veq=0:1:10
p=1e-8;
```

```
eps0=8.854e-12;
k=p/(4*pi*eps0*Veq);

theta=0:pi/100:pi;

r=sqrt(k.*cos(theta))

x=r.*sin(theta);
z=r.*cos(theta);

plot(x,z,-x,z,-x,-z,x,-z)
set(findobj('Type','line'),'Color','k')
xlabel('X os');
ylabel('Z os')
axis equal
hold on
end

figure;

k=p/(4*pi*eps0);
r=0:0.01:10;
V=k./r.^2
plot(r,V)
xlabel('Z os');
ylabel('Potencial   / V')
```



SLIKA: Ekvipotencialne ravnine v okolici električnega dipola.





SLIKA: Prikaz poteka potenciala vzdolž Z osi ($\vartheta = 0^o$).

2. IZRAČUN IN IZRIS EKVIPOTENCIALNIH RAVNIN IN ELEKTRIČNE POLJSKE JAKOSTI (dipol_potencial1.m)

Za izračun polja uporabimo izraze:

$$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{p\cos(\vartheta)}{2\pi\varepsilon_0 r^3}$$

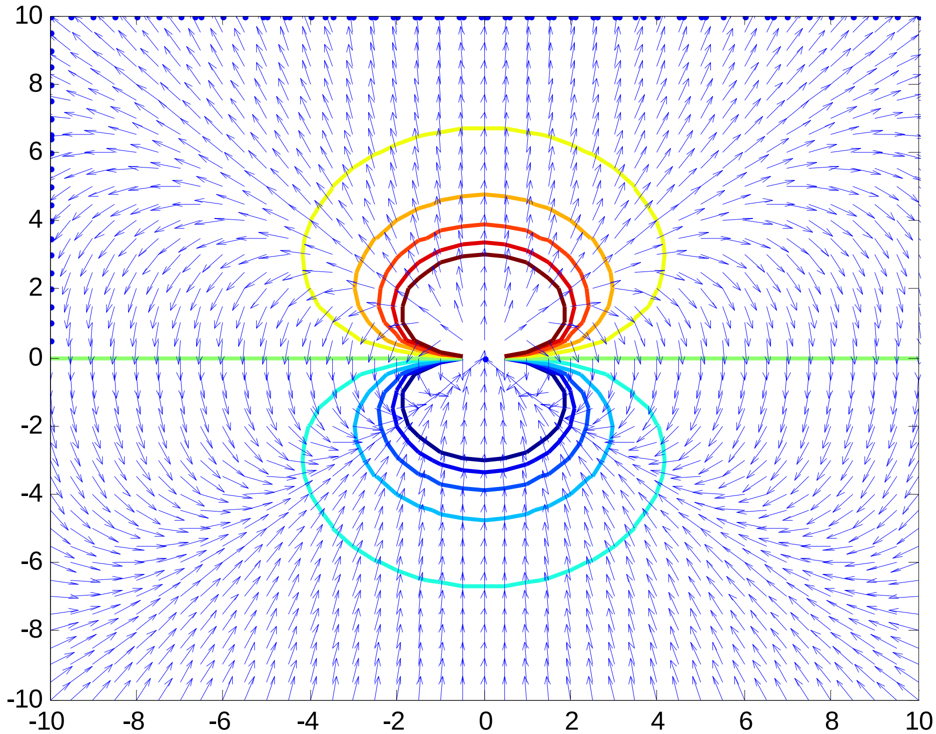
$$E_\vartheta = -\frac{\partial V}{r\partial \vartheta} = \frac{p\sin(\vartheta)}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

$$E_\varphi = 0\,.$$

```
Opomba: Polje v okolici dipola zelo hitro upada. Zato za izris z
vektorji normiramo vrednosti. Vektorji torej kažejo le smer ne pa tudi
velikosti.
```

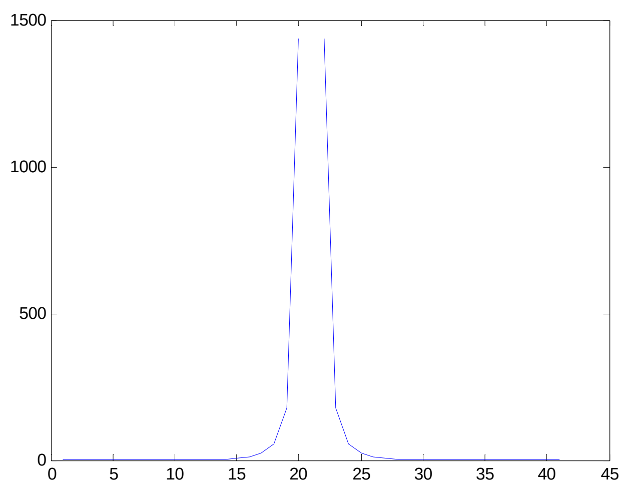
Matlab: Z Matlab funkcijo **meshgrid** določimo točke, v katerih izračunamo potenciale. Za izris ekvipotencialk uporabimo ukaz **contour**, za izris normiranih vektorjev polja pa **quiver**.

```
% dipol_potencial1.m
p=1e-8;
eps0=8.854e-12;
k=p/(2*pi*eps0);

[x,z] = meshgrid(-10:.5:10);

r=sqrt(x.^2+z.^2);

theta=acos(z./r);
V=k*cos(theta)./r.^2/2;

veq=[-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10];
contour(x,z,V,veq, 'LineWidth',2);
%break
hold on

Er=k*cos(theta)./(r.^3);
Eth=k*sin(theta)./(r.^3)/2;
Ex=Er.*sin(theta)-Eth.*cos(theta);
Ex=sign(x).*Ex;
Ez=Er.*cos(theta)-Eth.*sin(theta);
absE=sqrt(Ex.^2+Ez.^2);
quiver(x,z,Ex./absE,Ez./absE,'AutoScaleFactor',1)
```



SLIKA: Ekvipotencialne ravnine in normirani vektorji električne poljske jakosti.

Polje v smeri osi Z se spreminja (manjša) s tretjo potenco, kar lahko prikažemo tako, da uporabimo izraz plot(Ez(:,21)), ki nam da vrednosti vzdolž Z osi pri x=0.



SLIKA: Električna poljska jakost (absolutna vrednost) v smeri osi Z.

3. IZRAČUN POLJA IZ GRADIENTA POTENCIALA

Matlab: Z Matlab funkcijo **gradient** numerično odvajamo izračunano funkcijo potenciala na mreži točk, ki smo jih določili s funkcijo **meshgrid**. Za izris ekvipotencialk uporabimo ukaz **contour**, za izris normiranih vektorjev polja pa **quiver**.

```
% dipol_potencial2.m

p=1e-8;
eps0=8.854e-12;
k=p/(2*pi*eps0);

[x,z] = meshgrid(-10:.5:10);

r=sqrt(x.^2+z.^2);

theta=acos(z./r);
V=k*cos(theta)./r.^2/2;

veq=[-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10];
contour(x,z,V,veq);
%[C,h]=contour(x,z,V,veq);
% clabel(C,h)

hold on
[EX,EZ] = gradient(-V,.2,.2);
Enorm=sqrt(EX.^2+EZ.^2);
quiver(x,z,(EX./Enorm),(EZ./Enorm),1);
%colormap hsv
grid off
hold off

xlabel('X os');
ylabel('Z os')
```