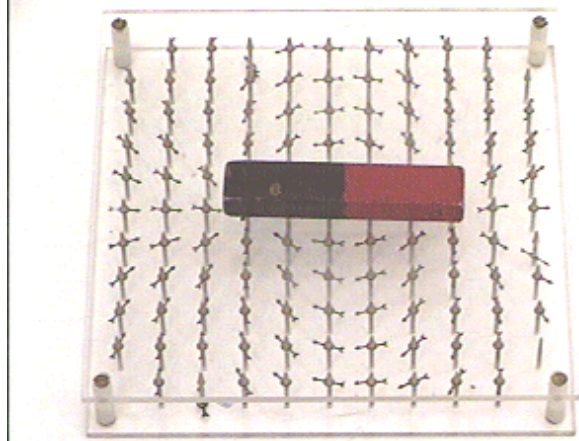
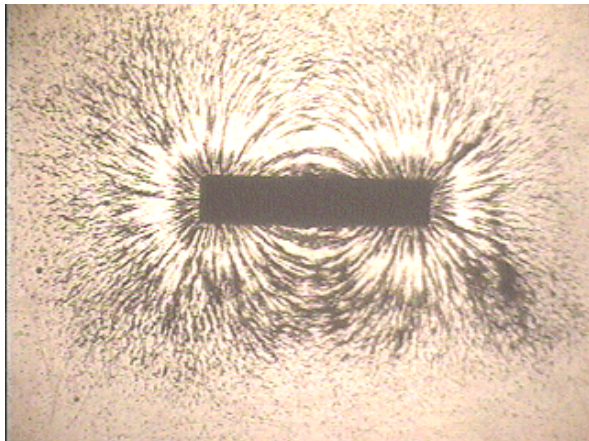


## VIZUALIZACIJA MAGNETNEGA POLJA

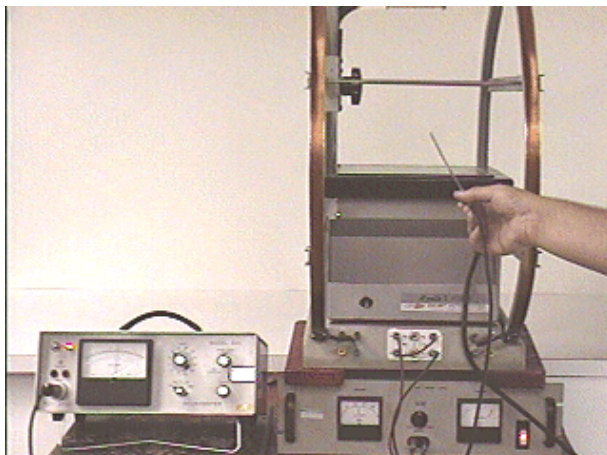
Za dobro predstavo o porazdelitvi magnetnega polja v okolici virov (tokovodnikov ali trajnih magnetov) je zelo pomemben primeren način vizualizacije polja. Poslužimo se lahko vrste postopkov:

### EKSPERIMENTALNO določanje polja

- 1) Natresemo železne opilke, na katere deluje sila v magnetnem polju. Orientirajo se tako, da nakazujejo smer polja.
- 2) Uporabimo ploščo z malimi magnetki, ki se usmerijo v smer polja.
- 3) Uporabimo kompas ali več kompasov.
- 4) Skeniranje z merilnikom magnetnega polja (Hallov sensor)



**SLIKA: Levo: Feromagnetni opilki se v bližini trajnega magneteta usmerijo v smeri gostote magnetnega pretoka. Desno: Trajni magnetki se kot mali kompasji usmerijo v smer magnetnega polja.**



**SLIKA: Levo: Tangencialni galvanometer s kompasom v sredini. Vir: <http://chem.ch.huji.ac.il/instruments/test/galvanometers.htm>. Desno: Merjenje polja s Hallovo sondo med Helmholtzovim parom tuljav.**

## ANALITIČNI IZRAČUNI

Vzemimo primer izračuna polja v osi solenoida – ravne tuljave polmera  $R$ , z  $N$  ovoji in tokom  $I$ . Enačba za izračun polja je:

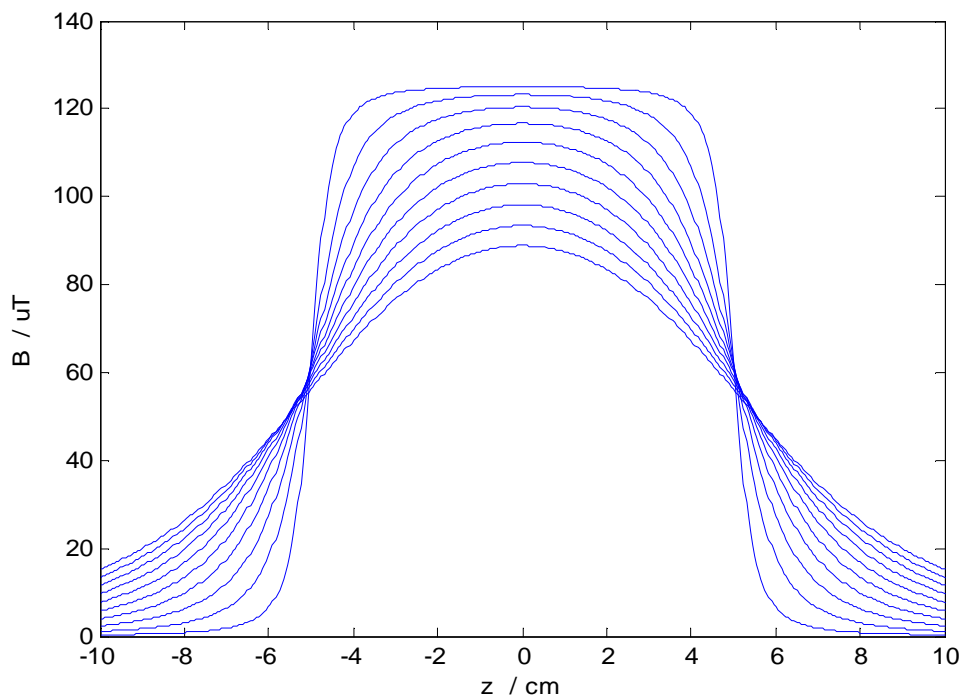
$$B_z = \frac{\mu_0 NI}{2l} \left( \frac{z_2 - z}{\sqrt{(z - z_2)^2 + R^2}} - \frac{(z_1 - z)}{\sqrt{(z - z_1)^2 + R^2}} \right)$$

```
mi0=4*pi*1e-7
NI=10
z1=-5e-2;
z2=5e-2
L=z2-z1;

for R=0.5e-2:0.5e-2:5e-2
z=2*z1:L/200:2*z2

B=mi0*NI/(2*L)*((z2-z)./sqrt(R^2+(z2-z).^2)+(z-z1)./sqrt(R^2+(z1-z).^2));

plot(z*100,B*1e6)
hold on
end
```



**SLIKA: Polje v osi tuljave za dolžino tuljave 10 cm in spreminjajoče polmere od 0,5 cm do 5 cm.**

## NUMERIČNI IZRAČUNI

### 1) Z integracijo prispevkov tokovnih elementov

#### Primer numeričnega izračuna polja izven osi tokovne zanke.

Tokovno zanko sestavimo iz končnega števila ( $N$ ) tokovnih elementov in zapišemo enačbo, ki omogoča izračun polja za tokovni element v poljubni točki v smeri radija. S seštevanjem vrednosti polj posameznih tokovnih elementov dobimo celotno vrednost polja v določeni točki. To ponovimo za vse točke v smeri radija in izrišemo polje.

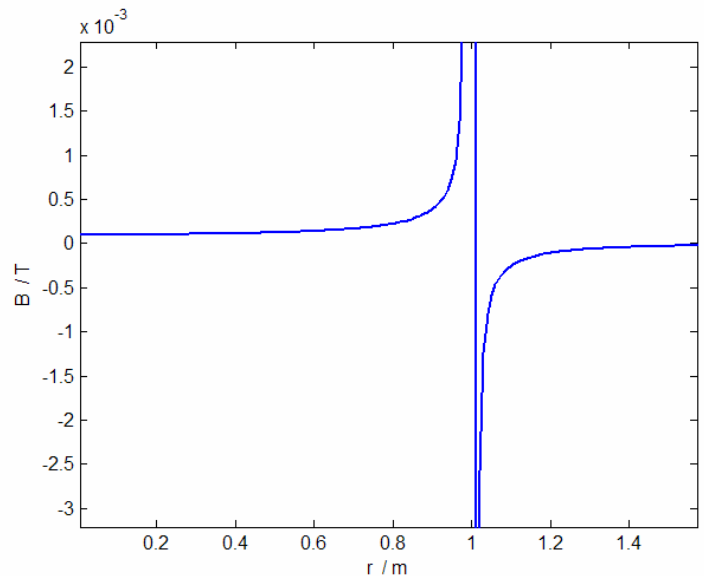
```
function [B]=polje(R, rc)
% funkcija izracuna polje krozne zanke polmera rc pri
radiju R
if (R==rc)
    error('Pri polmeru zanke B ni definiran')
end
if (rc==0)
    error('Polmer zanke ne more biti enak 0')
end

mi0=4*pi*1e-7
I=10
k=mi0*I/(4*pi)

%R=0.1
fi=0; N=100; B=0;

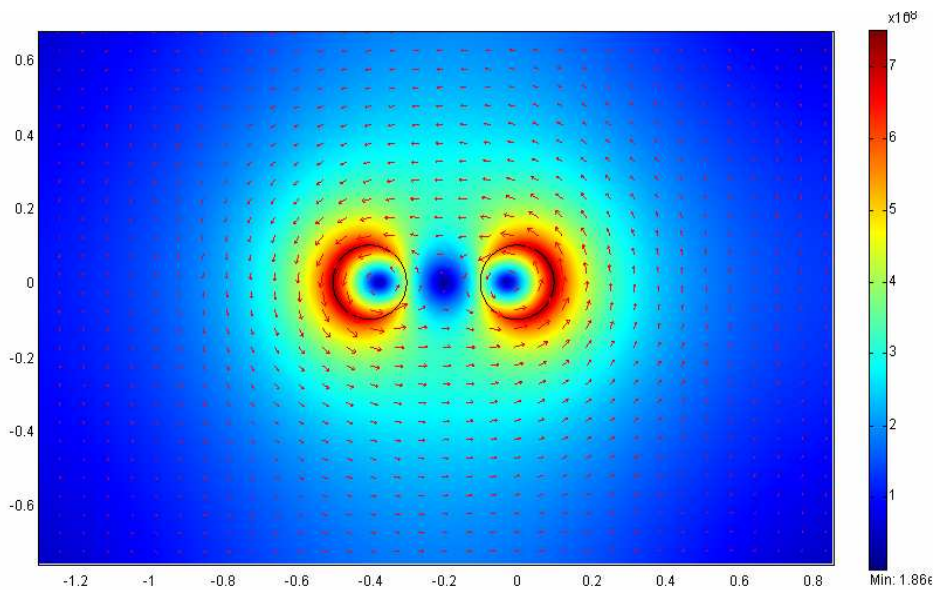
%plot(dBB(2:N))
B0=mi0*I/(2*rc);
function risipoljezanke(a)
% Narise polje tokovne zanke kot funkcijo radija od
0 do 2x polmera zanke
dr=1.01*a/100
r=0:dr:2*a;
BB=poljezanke(r,a);
plot(r,BB)
xmin=0; xmax=max(r); ymin=-100*BB(1); ymax=-
ymin;
axis([xmin xmax ymin ymax])
```

```
dfi=2*pi/N;
dBB=0;
for i=1:N
    fi=fi+dfi;
    r2=rc^2+R.^2-2*rc.*R*cos(fi);
    r=sqrt(r2);
    theta1=acos((rc^2+r2-R.^2)/(2*rc.*r));
    theta=pi/2+theta1;
    dB=k*sin(theta)./r2;
    % dBB=[dBB dB]
    B=B+dB;
end
```

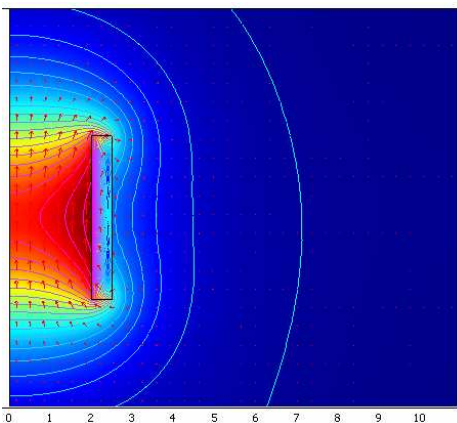


**SLIKA: Polje tokovne zanke v smeri radija. Polmer tokovne zanke je 1 m, kjer opazimo znatno povečanje polja in hkrati obrat smeri polja za radije večje od 1 m.**

- 2) Numerično izračunavanje z diskretizacijo osnovnih enačb (Amperovega zakona) in zapis diskretiziranih enačb za veliko število točk v prostoru. Reševanje sistema enačb opravi računalnik. Polje lahko vizualiziramo na vrsto načinov:
- Z vektorji, ki prikazujejo smer in velikost polja v določenih točkah
  - Z barvami in ekvipoljskimi črtami
  - 3D vizualizacija
  - Z gostotnicami



**SLIKA: Polje v okolici dveh polnih vodnikov s tokom enake velikosti. Bolj »vroča« barva predstavlja večjo absolutno vrednost polja. Smer in velikost polja kažejo tudi puščice (vektorji).**



**SLIKA: Polje solenoida (tuljave). Prikazan je le en del preseka, potrebno si je zamisliti rotacijsko simetrijo. Polje v osi kaže slika desno zgoraj, polje v sredini tuljave prečno na smer polja pa slika desno spodaj.**

