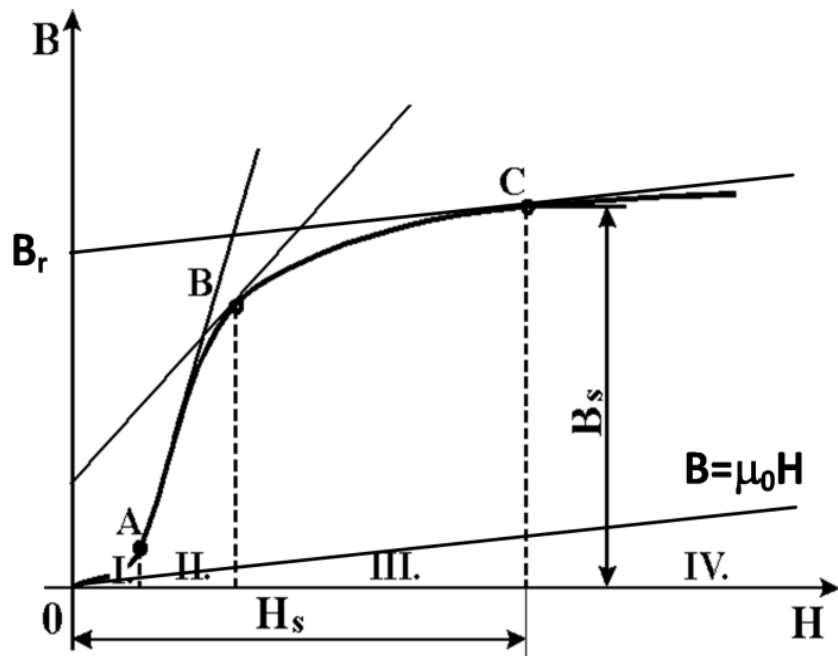




# Magnetické vlastnosti

Peter Palček

Katedra materiálového inžinierstva



Permeabilita  $\mu = \frac{B}{H}$

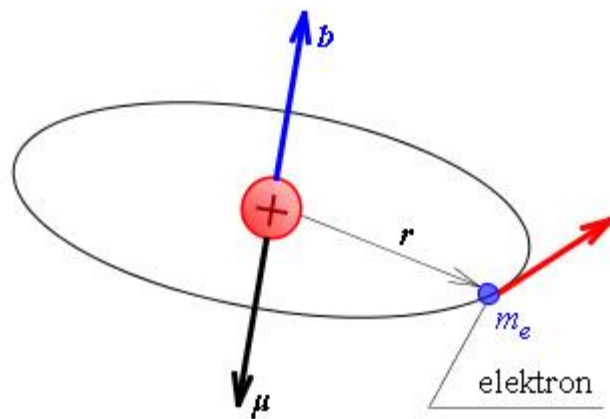
Kde

$B$  je magnetická indukcia

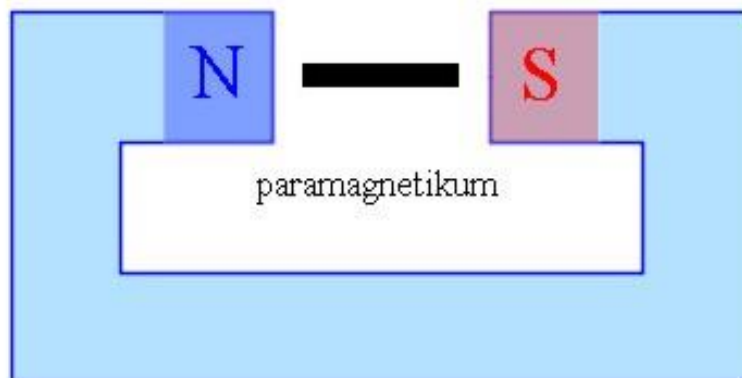
$H$  je intenzita magnetického poľa

Relatívna permeabilita  $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$

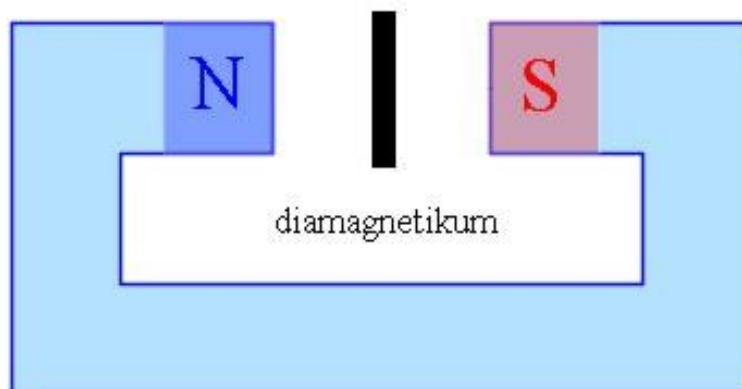
Kde  $\mu_0$  je permeabilita vákua



a)



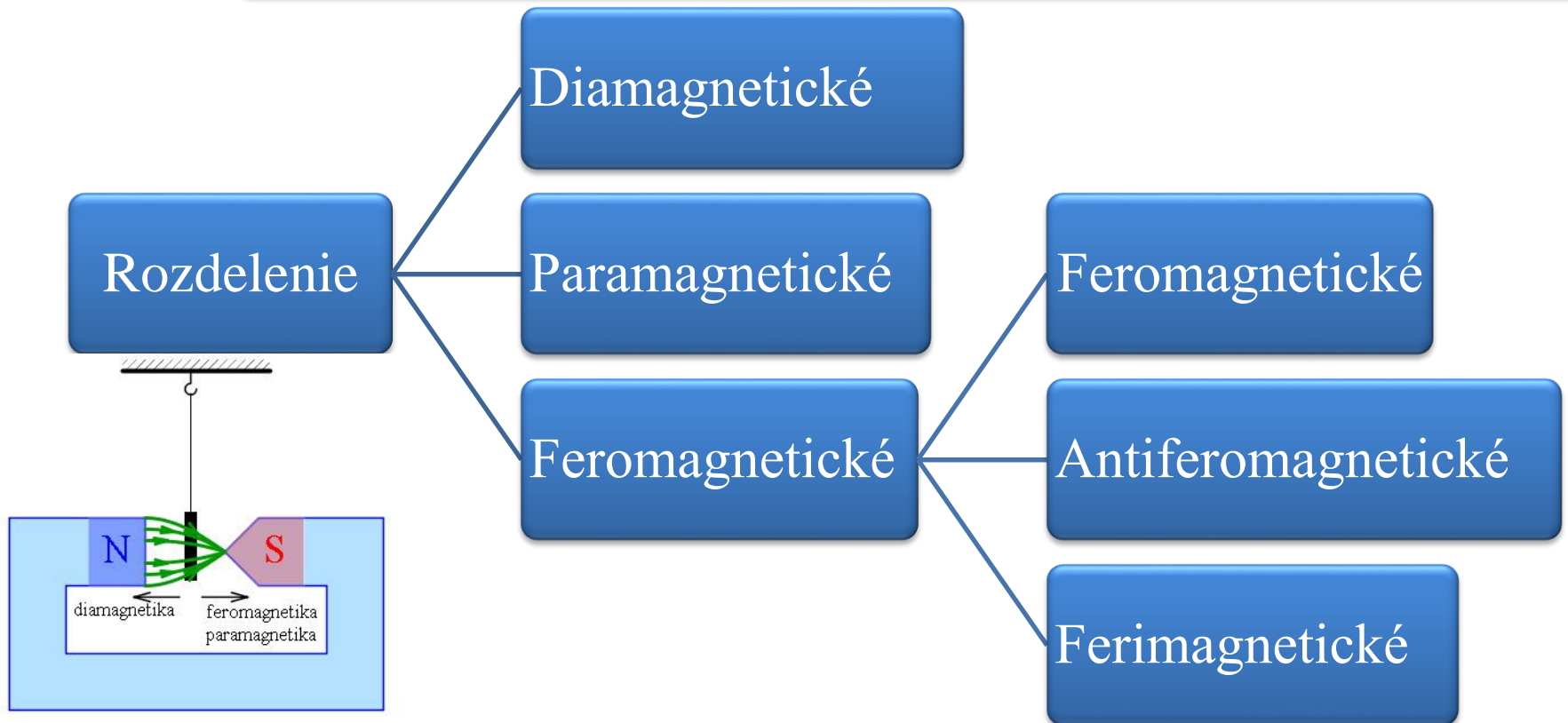
b)



# Klasifikácia magnetického stavu látok

Podľa hodnoty magnetických momentov atómov

Podľa vzájomných interakcií medzi atómovými magnetickými momentami a charakteru vplyvu vonkajšieho magnetického poľa na ne

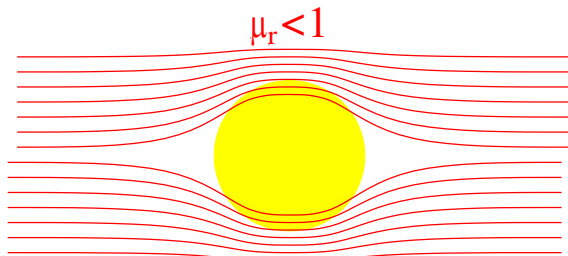


## Diamagnetiká

- vonkajšie magnetické pole mení orbitálny pohyb elektrónov
- mení sa orbitálny magnetický moment
- výsledný magnetický moment je veľmi malý, orientovaný proti smeru aplikovaného magnetického poľa
- z magnetického poľa sú diamagnetické látky vytláčané
- relatívna permeabilita je menšia ako 1

Permeabilita je - pomer magnetickej indukcie a intenzity magnetického poľa

Diamagnetické – vykompenzovaný spinový aj dráhový magnetický moment (inertné plyny, zlato, meď, ortuť, indium)



# Magnetická susceptibilita niektorých diamagnetických a paramagnetických látok

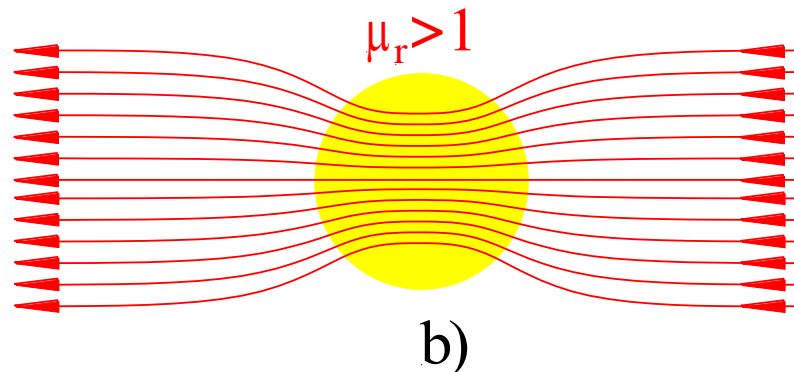
Diamagnetiká		Paramagnetiká	
Látka	$\chi$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ]	Látka	$\chi$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ]
Antimón	$-10,2 \cdot 10^9$	Cín biely	$0,33 \cdot 10^9$
Argón	$-6,03 \cdot 10^9$	Draslík	$6,66 \cdot 10^9$
Arzén	$-0,9 \cdot 10^9$	Dyspróziu	$7\,720 \cdot 10^9$
Berýlium	$-12,6 \cdot 10^9$	Európiu	$2\,740 \cdot 10^9$
Bizmut	$-16,3 \cdot 10^9$	<b>Gadolínium</b>	<b><math>28450 \cdot 10^9</math></b>
Bór	$-7,8 \cdot 10^9$	Chlorid kobaltnatý	$1222 \cdot 10^9$
Bróm	$-5,8 \cdot 10^9$	Chlorid nikelnatý	$785 \cdot 10^9$
Cín sivý	$-3,9 \cdot 10^9$	Chlorid železnatý	$1460 \cdot 10^9$
Diamant	$-6,2 \cdot 10^9$	Lítium	$45,6 \cdot 10^9$
Fosfor biely	$-10,8 \cdot 10^9$	Mangán	$122 \cdot 10^9$
Gálium	$-3,9 \cdot 10^9$	Molybdén	$10,9 \cdot 10^9$
Germánium	$-1,33 \cdot 10^9$	Neodým	$492 \cdot 10^9$
Grafit	$-270 \cdot 10^9$	Nikel	$28,9 \cdot 10^9$
Chlór	$-7,41 \cdot 10^9$	Paládium	$66,2 \cdot 10^9$
Kremík	$-1,38 \cdot 10^9$	Platina	$12,3 \cdot 10^9$
Med'	$-1,08 \cdot 10^9$	Samárium	$106 \cdot 10^9$
Olovo	$-1,38 \cdot 10^9$	Síran železnatý	$844 \cdot 10^9$
Ortuť	$-2,14 \cdot 10^9$	Sodík	$8,53 \cdot 10^9$
Striebro	$-2,39 \cdot 10^9$	Titán	$42,2 \cdot 10^9$
Telúr	$-3,9 \cdot 10^9$	Vanád	$73 \cdot 10^9$
Vodík	$-24,96 \cdot 10^9$	Vápnik	$13,8 \cdot 10^9$
Zinok	$-2,2 \cdot 10^9$	Wolfrám	$3,77 \cdot 10^9$
Zlato	$-1,76 \cdot 10^9$	Zirkónium	$16,7 \cdot 10^9$

# Diamagnetizmus

- vonkajšie magnetické pole mení orbitálny pohyb elektrónov a tým sa mení orbitálny magnetický moment
- výsledný magnetický moment je veľmi malý a je orientovaný proti smeru aplikovaného magnetického poľa
- z magnetického poľa sú diamagnetické látky vytláčané
- relatívna permeabilita je menšia ako 1 (pomer magnetickej indukcie a intenzity magnetického poľa)

# Paramagnetiká

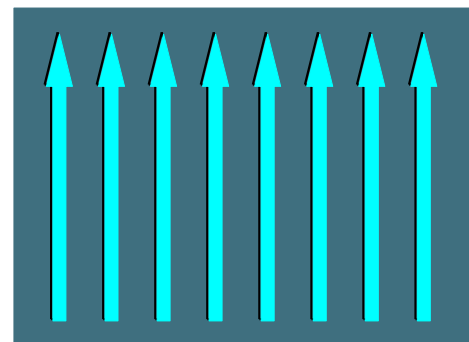
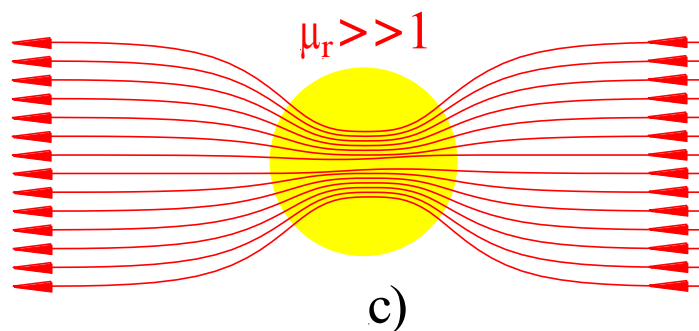
- atómy majú trvalý magnetický moment spôsobený nespárovanými elektrónmi
- dipóly sú náhodne orientované, celkový magnetický moment je nulový
- v magnetickom poli sa dipóly natočia, vzniká magnetický moment orientovaný v smere aplikovaného magnetického poľa
- do magnetického poľa sú paramagnetické látky priťahované
- nedokážu udržať magnetizmus za neprítomnosti vonkajšieho poľa
- relatívna permeabilita je väčšia ako 1





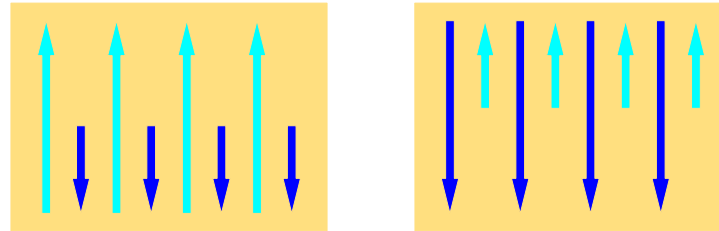
# Fero magnetiká

- Sú to materiály so spontánnou magnetizáciou
- nevykompenzované spinové a orbitálne magnetické momenty dávajú kladný príspevok k vytvoreniu celkového magnetického poľa
- vplyvom kvantovo-mechanickej interakcie medzi spinmi elektrónov susedných atómov (výmenná väzba), sa tvoria domény s rovnako orientovanými magnetickými momentami
- vo vonkajšom magnetickom poli sa zmagnetizujú a zostanú zmagnetizované aj po skončení pôsobenia poľa
- Prirodzené feromagnetiká sú: Co, Fe, Ni, Gd, Dy



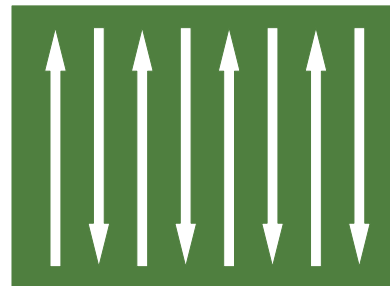
## Feri magnetiká

- Sú to materiály so spontánnou magnetizáciou
- nevykompenzovné spinové a orbitálne magnetické momenty dávajú príspevok k vytvoreniu celkového magnetického poľa, niektoré atómy majú magnetický moment orientovaný antiparalelne
- vo vonkajšom magnetickom poli sa zmagnetizujú a zostanú zmagnetizované aj po skončení pôsobenia poľa

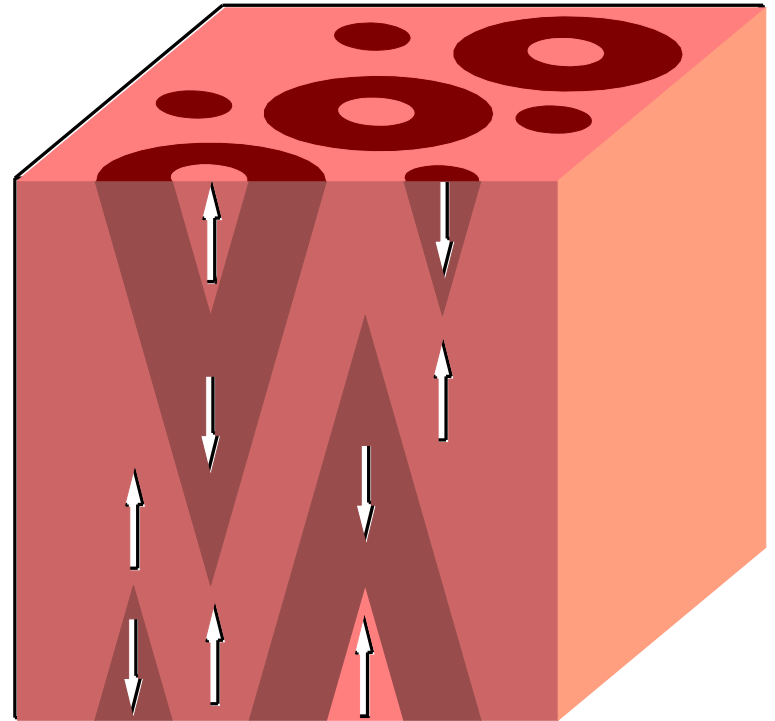
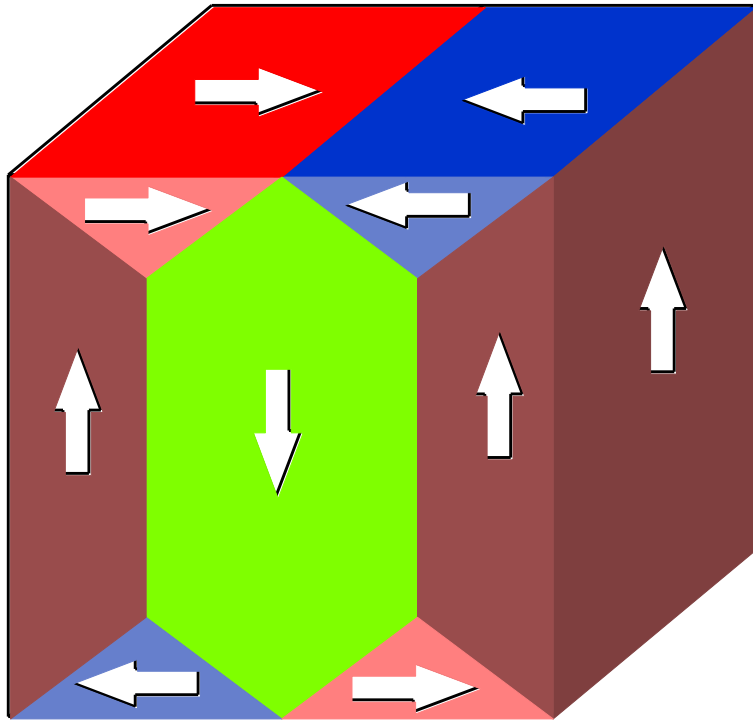


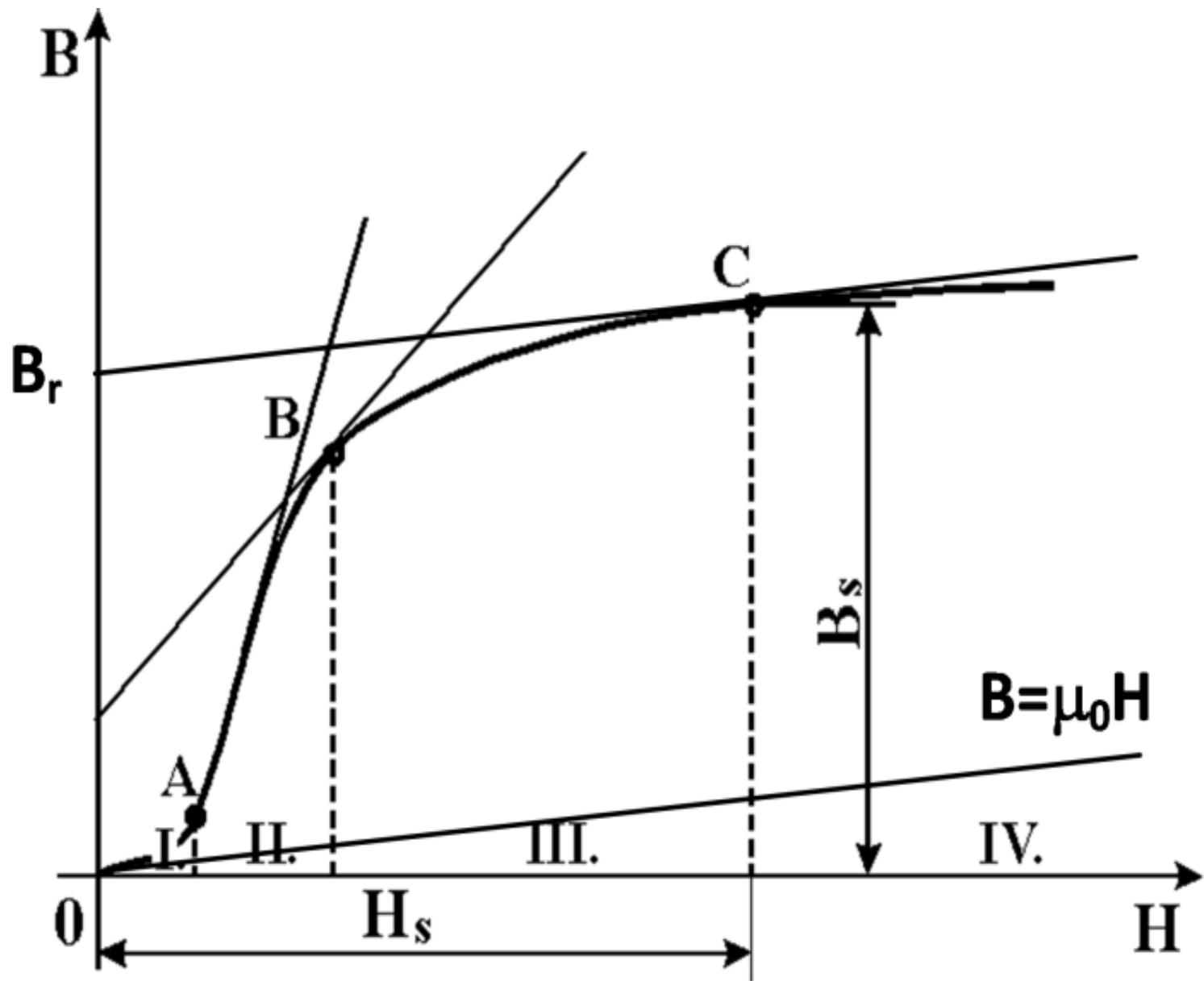
## Antiferi magnetiká

- úplne antiparalelná orientácia magnetických momentov
- celková magnetizácia je nulová

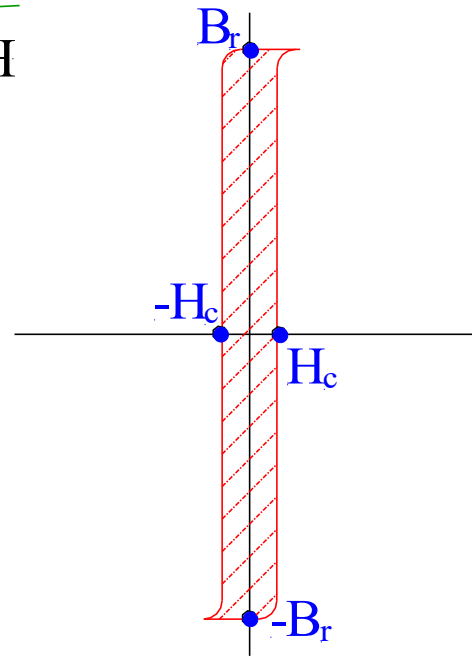
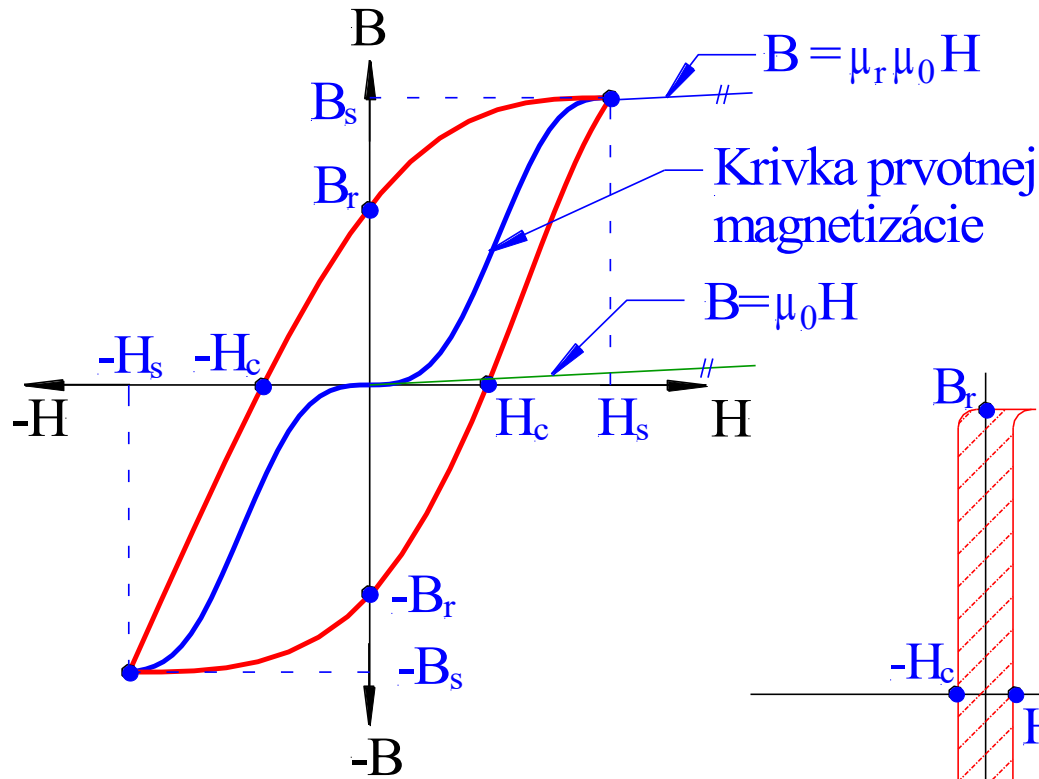


# Doménová štruktúra

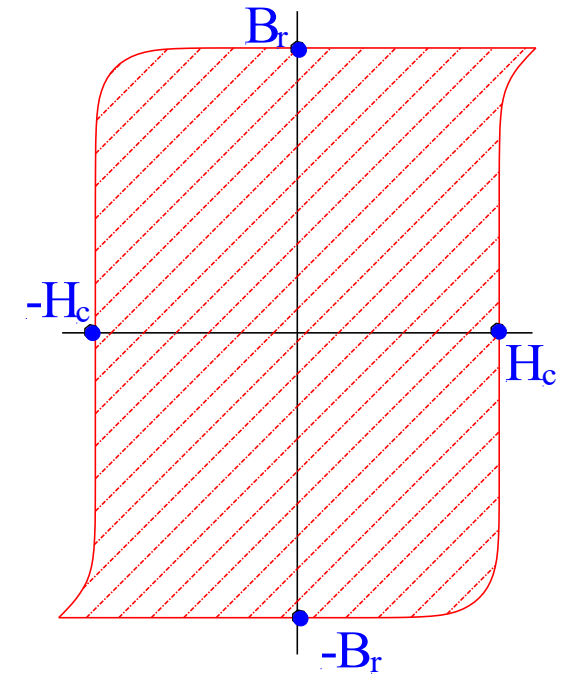




# Magnetizácia



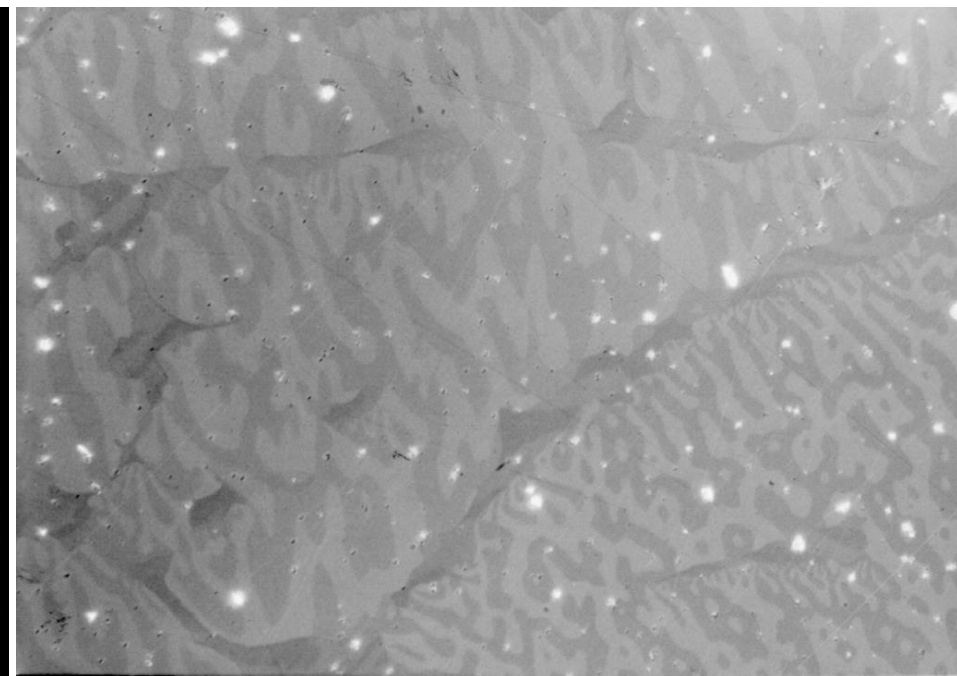
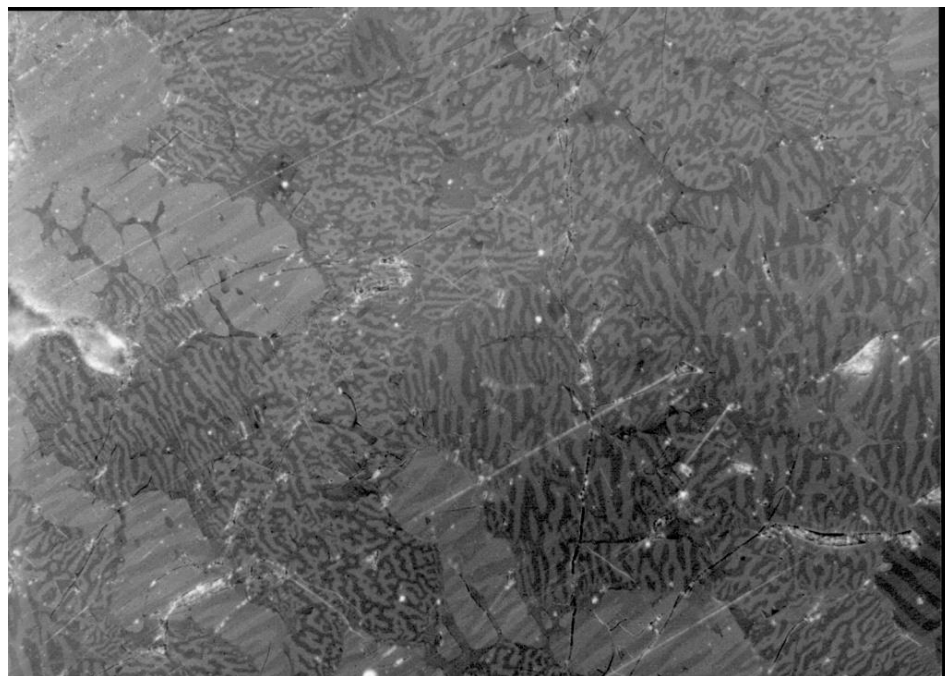
Magneticky mäkký



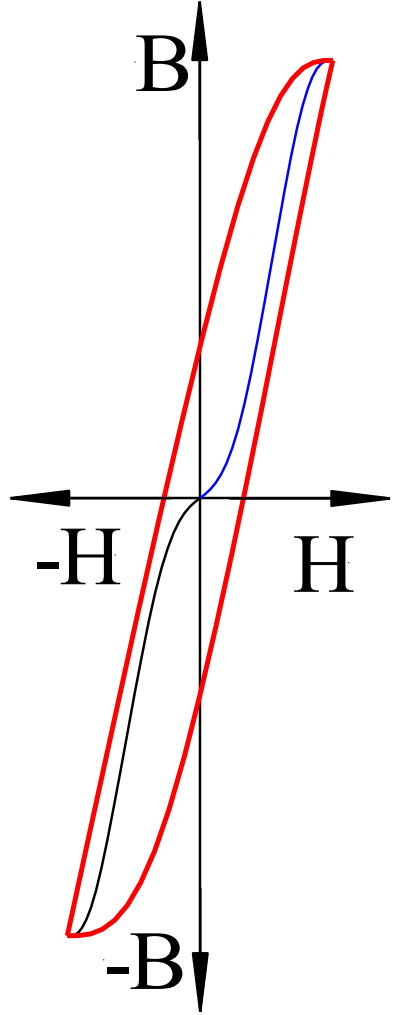
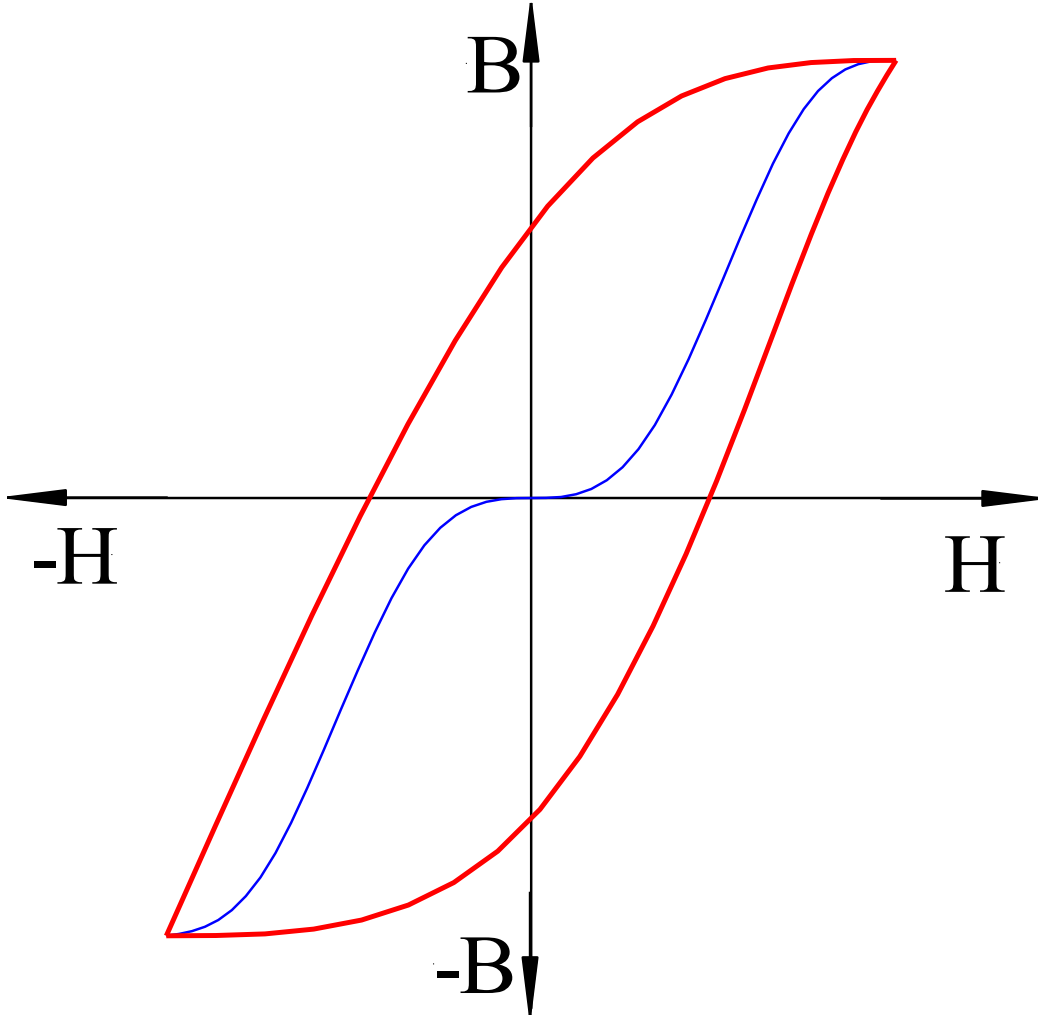
Magneticky tvrdý

- B - magnetická indukcia
- H- intenzita magnetického poľa
- $H_c$  - Koercitívna sila
- $B_r$  - Remanencia

# Reálna doménová štruktúra



# Magneticky tvrdý a magneticky mäkký materiál



# Vplyv na Mg vlastnosti

- Teplota magnetického usporiadania
- Curieho teplota  $T_c$
- vysoká magnetizácia nasýtenia
- chemické zloženie
- mikroštruktúra a subštruktúra materiálu
- stupeň magnetického usmernenia
- hustota (pórovitosť)
- intenzita magnetizačného poľa
- optimálne tepelné spracovanie



Paramegnetické - vykompenzovaný spinový a nevykompenzovaný dráhový magnetický moment (platina, hliník, mangán, kyslík)

Feromagnetické – vykompenzovaný dráhový a nevykompenzovaný spinový magnetický moment (Fe, Ni, Cr, Gd)