

Materiale electrotehnice

IV Proprietati magnetice

7. Tipuri de magnetism

Materiale electrotehnice
Facultatea de Energetica, 2009-2010, anul III ISE

Prof.dr.ing.Florin Ciuprina

Tipuri de magnetism

Structura disciplinei

Capitolul	Conținutul
I Proprietati generale ale cristalelor	
1	Corpuri cristaline Sari ale corpurilor Rețele cristaline Defecte ale rețelilor cristaline
2	Electroni în cristale Modele (clasic și cuantice) ale electronului. Benzii de energie asociate corpurilor cristaline. Clasificarea materialelor în conductori, semiconductori și izolatori.
II Conductia electrica	
3	Conductia electrica a metalelor. Conductia metalelor la temperaturi uzuale Supracconductibilitatea electrica.
4	Conductia electrica a semiconductorilor Mecanisme de conductie. Expresia conductivitatii intrinseci și extrinseci
5	Conductia electrica a izolatoarelor solizi Conductia în câmpuri slabe (Conductia electronica, Conductia ionica). Conductia în câmpuri intense (Străpungerea izolatoarelor solizi).
III Proprietati dielectrice	
6	Polarizarea electrica Tipuri de polarizare Polarizarea în câmpuri armonice. Pierderi în dielectrici.
IV Proprietati magnetice	
7	Tipuri de magnetism

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7. Tipuri de magnetism

- 7.1 Notiuni generale
- 7.2 Diamagnetismul
- 7.3 Paramagnetismul
- 7.4 Feromagnetismul
- 7.5 Ferimagnetismul și antiferomagnetismul

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7. Tipuri de magnetism

- 7.1 Notiuni generale
- 7.2 Diamagnetismul
- 7.3 Paramagnetismul
- 7.4 Feromagnetismul
- 7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.1 Notiuni generale

Intensitatea campului magnetic: \mathbf{H} [A/m]

Inductia magnetica: \mathbf{B} [T]

Magnetizatia: $\mathbf{M} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \sum_i \frac{(\mathbf{m}_i)_{\Delta V}}{\Delta V}$

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_l + \mathbf{M}_p \quad \mathbf{M}_l = \chi_m \mathbf{H}$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M}) = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M}_l + \mathbf{M}_p) = \mu_0 (1 + \chi_m) \mathbf{H} + \mu_0 \mathbf{M}_p$$

$$\mu_r = 1 + \chi_m \quad \mu = \mu_0 \mu_r$$

$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$, atunci cand $\mathbf{M}_p = 0$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.1 Notiuni generale

Materiale:

- diamagnetice – particule magnetic nepolare
- paramagnetice } particule magnetic polare
- feromagnetice }
- ferimagnetice }
- antiferomagnetice }

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.1 Notiuni generale

Materiale:

- diamagnetice – materiale nemagnetice
- paramagnetice
- feromagnetice $\chi_m = 10^{-6} - 10^{-2}$
- ferimagnetice $\mathbf{M}_t = \chi_m \mathbf{H}$
- antiferomagnetice

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.1 Notiuni generale

Materiale:

- diamagnetice
- paramagnetice
- feromagnetice – materiale magnetice
- ferimagnetice $\chi_m = 10^2 - 10^6$
- antiferomagnetice $\mathbf{M}_t = \chi_m \mathbf{H}$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.1 Notiuni generale

Camp magnetic activ (interior):

$$\mathbf{H}_0 = \mathbf{H} + \gamma \mathbf{M}$$

$\gamma =$ Constanta lui Weiss $\begin{cases} 10^3 - 10^4 & \text{- materiale magnetice} \\ 0 & \text{- materiale nemagnetice} \end{cases}$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7. Tipuri de magnetism

- 7.1 Notiuni generale
- 7.2 Diamagnetismul
- 7.3 Paramagnetismul
- 7.4 Feromagnetismul
- 7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.2 Diamagnetismul

$$\mathbf{m}_d = \sum_{i=1}^Z \Delta \mathbf{m}_i$$

$$\mathbf{M}_d = N \mathbf{m}_d$$

$$\chi_{md} < 0 \quad |\chi_{md}| \approx 10^{-5} \div 10^{-6}$$

$$\mathbf{M}_d = \chi_{md} \mathbf{H} \text{ - liniara}$$

Materiale diamagnetice:
Cu, Au, Ag, Zn, Pb, gaze nobile, etc.

Joseph Larmor (1857-1942)
matematician si fizician irlandez

Precesie Larmor pentru un atom de hidrogen

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7. Tipuri de magnetism

- 7.1 Notiuni generale
- 7.2 Diamagnetismul
- 7.3 Paramagnetismul
- 7.4 Feromagnetismul
- 7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

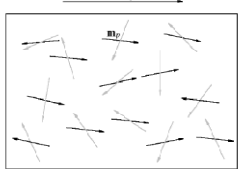
Tipuri de magnetism

7.3 Paramagnetismul

Materiale paramagnetice: Al, Cr, Mn, Na, etc.


$m_p = m_{oc} + m_{spe} + m_{spn}$
 $m_p \approx m_{spe}$

\vec{H}_e

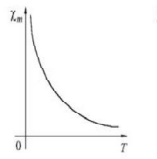
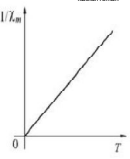


$M_p = \chi_{mp} H$ - neliniara

magnetoni Bohr-Procopiu
 $\beta = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2$



Stefan Procopiu (1890-1972), fizician român

$\chi_{mp} = \frac{\text{const}}{T}$
 $\chi_{mp} \approx 10^{-3} \div 10^{-4}$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7. Tipuri de magnetism

- 7.1 Notiuni generale
- 7.2 Diamagnetismul
- 7.3 Paramagnetismul
- 7.4 Feromagnetismul
- 7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

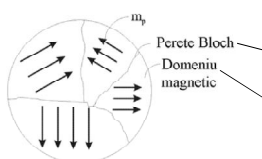
Tipuri de magnetism

7.4 Feromagnetismul


Materiale feromagnetice: Fe, Co, Ni, Gd, aliaje.

$M = \chi_m H$ - este neliniara si nu este biunivoca


$\chi_m = 10^3 - 10^5$



Perete Bloch
Domeniu magnetic



AIP
Pierre-Ernest Weiss
(1865-1940) fizician francez



Felix Bloch (1905-1983)
fizician american
nascut in Elvetia

$w = w_p \mid w'_p \mid w_A \mid w_{miz} \mid w_{mgs} \mid w'$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.4 Feromagnetismul

Energia de anizotropie:

- $w_{aniz} \approx k' \sin^2 \beta + k'' \sin^4 \beta$
- Directiile de magnetizare pentru Fe:

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.4 Feromagnetismul

Mecanismul magnetizarii:

- prin deplasarea peretilor Bloch

Relatia Curie-Weiss: $\chi_m = \frac{C}{T - \theta}$

$c = \frac{\mu_0 m_B^2 N}{K} \quad \theta = \gamma C$

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.4 Feromagnetismul

Deplasarea peretilor Bloch. Curba de magnetizare (demagnetizare)

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7. Tipuri de magnetism

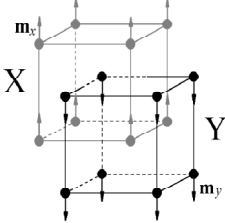
- 7.1 Notiuni generale
- 7.2 Diamagnetismul
- 7.3 Paramagnetismul
- 7.4 Feromagnetismul
- 7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

- Particule magnetice polare
- Domenii magnetice & pereti Bloch
- Momentele magnetice ale atomilor diferiti – antiparalele in acelasi domeniu
- $m_x \neq m_y$ – materiale ferimagnetice
- $m_x = m_y$ – materiale antiferomagnetice

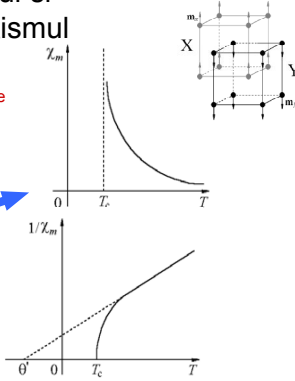


Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

- $m_x \neq m_y$ – materiale ferimagnetice
- $(Me_xO_yFe_2O_3)_n$
- $\chi_m = 10^2 - 10^3$
- $\chi_m = \frac{c'}{T + \theta'}$
- $\rho = 10^{-1} - 10^6 \Omega m$



Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE

Tipuri de magnetism

7.5 Ferimagnetismul si antiferomagnetismul

- $m_x = m_y$ – materiale antiferomagnetice
- $\chi_m = 10^{-3} - 10^{-2}$

χ_m vs T

$1/\chi_m$ vs T

Louis Eugene Felix Neel
(1904-2000), fizician francez

Material	Cr	Mn	MnO	MnS	FeO
T_N [K]	475	100	122	165	198

Materiale electrotehnice, Facultatea de Energetica, anul III ISE
