Electromagnetic Fields

Lecture 8

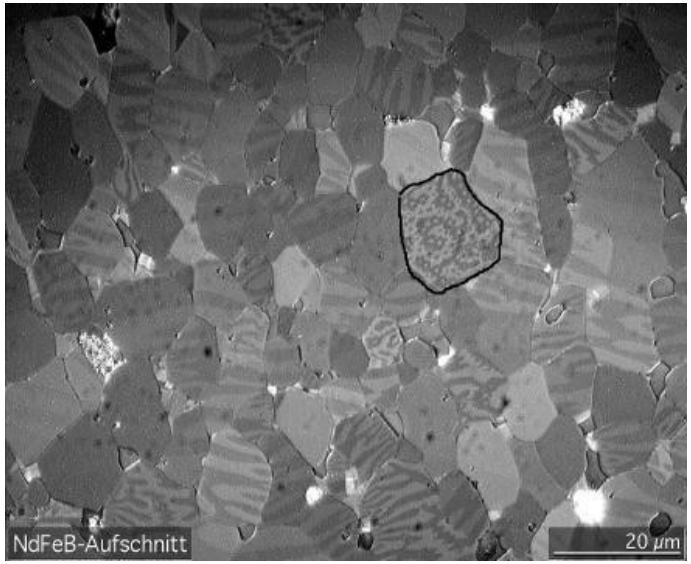
Ferromagnetics

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

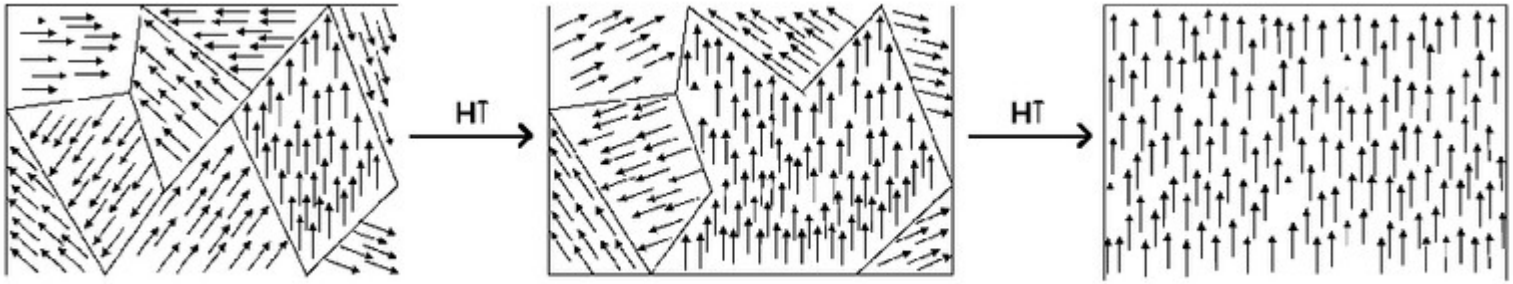
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Magnetic domains



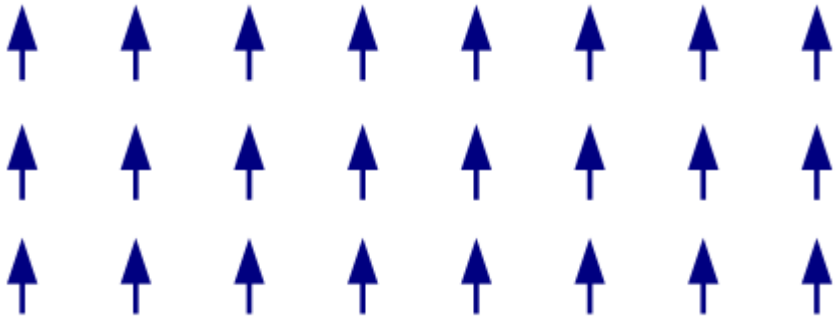
Ferromagnetic material particles form subdomains of the same spin.



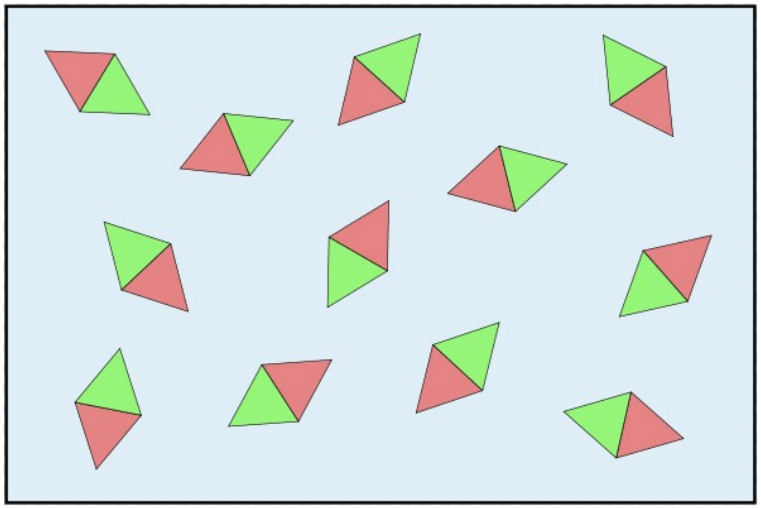
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Curie temperature

- Curie point (Tc) is temperature above which ferromagnetic becomes paramagnetic.
  - above Curie point there is too much energy to group magnetic domains



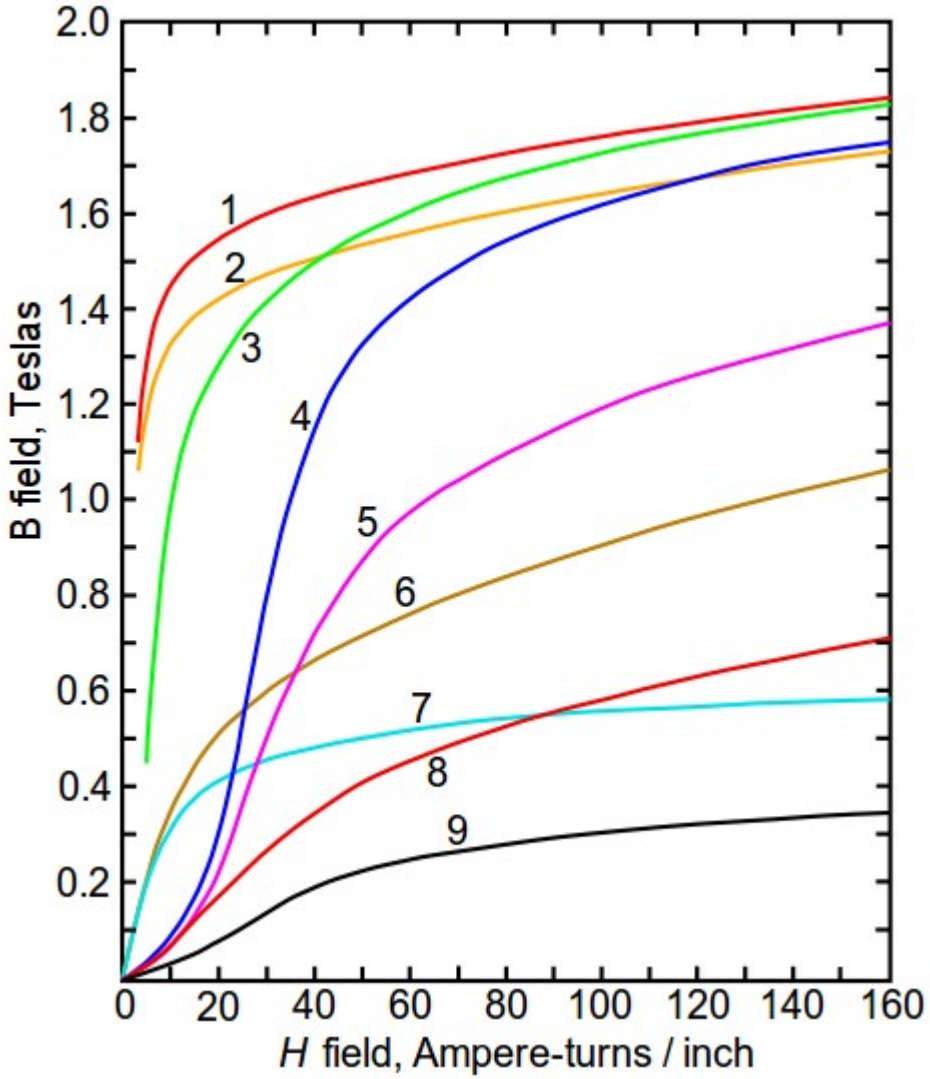
below Tc



above Tc

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Magnetic saturation



$$\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H}$$

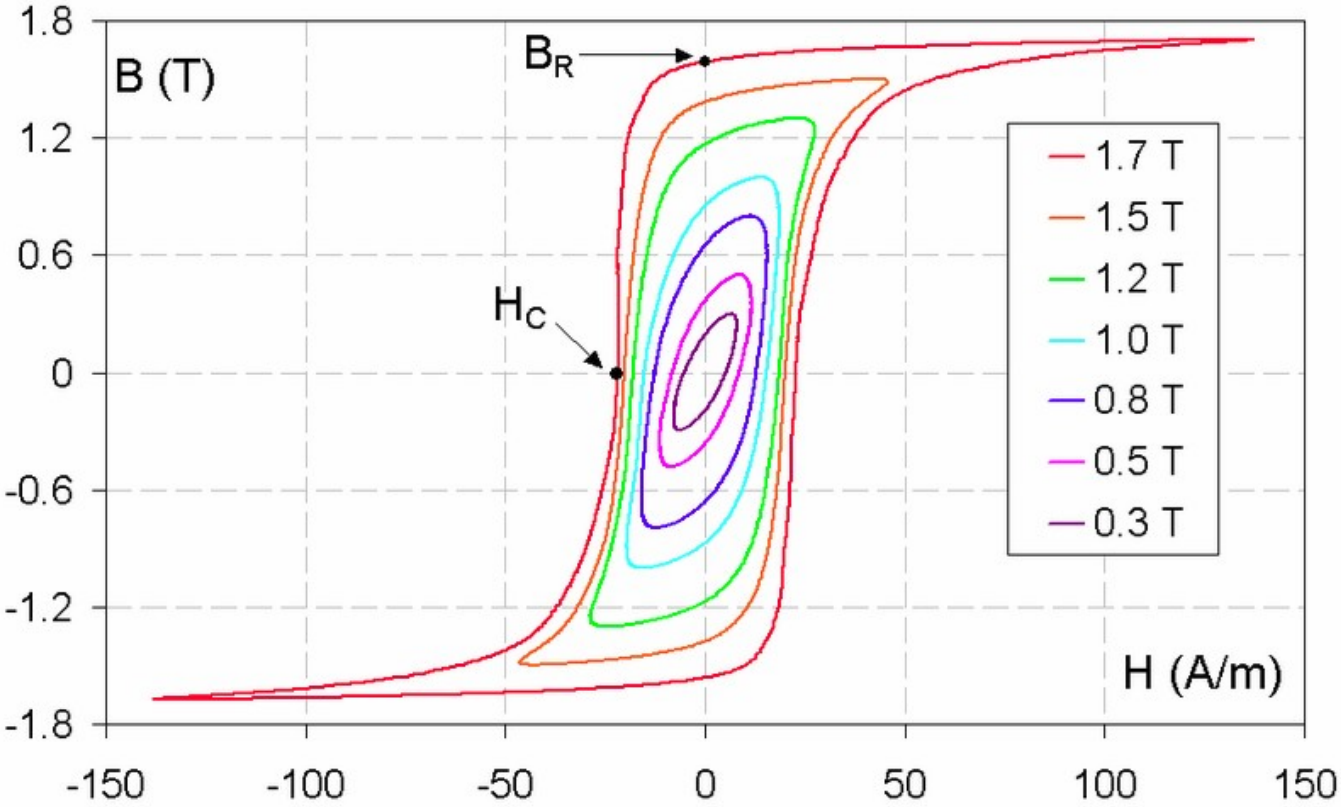
Ferromagnetic is nonlinear:

$$\mu = f(\boldsymbol{H})$$

1.Sheet steel, 2.Silicon steel, 3.Cast steel, 4.Tungsten steel, 5.Magnet steel, 6.Cast iron, 7.Nickel, 8.Cobalt, 9.Magnetite

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Hysteresis



Br - remanence, Hc - coercivity

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Remanence

- Remanence (remanent magnetization) is a measure of magnetization after an external magnetic field is removed.
  - positive aspect: magnetic memory
  - negative aspect: hysteresis looses

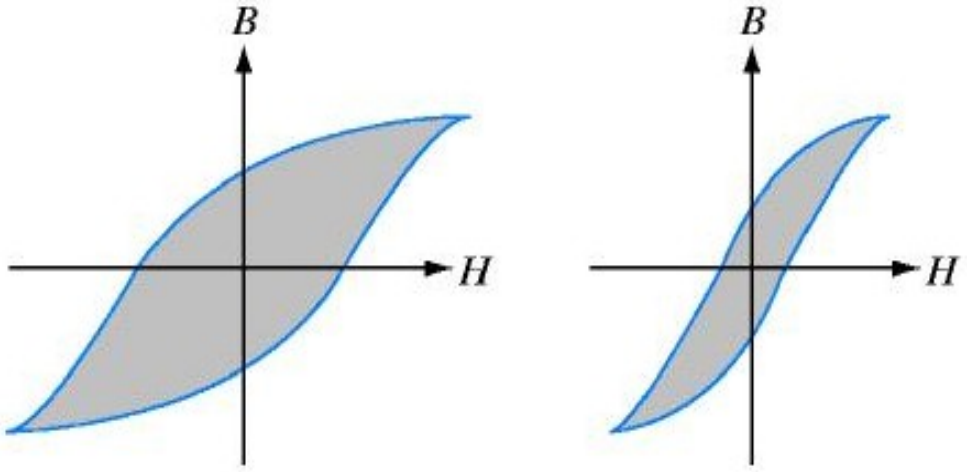
Coercivity

- Coersivity (coersive force) is the field intensity required to change magnetization of the material.
  - High coercivity = hard ferromagnetic materials
    - eg. permanent magnets
  - Low coercivity = soft ferromagnetic materials
    - eg. magnetic shielding, transformer cores, ..

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Hysteresis losses

- Energy needed for demagnetization in single cycle is proportional to the area inside the hysteresis loop.



$$P = \alpha \; f \; B_{peek}^{n} \left[W / kg \right]$$

where:
alpha - material parameter,
f - frequency of excitation,
B_peek - maximum B
n - (1.5 < n < 2.5)

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

References

References:

Deventra K. Mistra: Practical Electromagnetics, From Biomedical Science to Wireless Communication, Wiley-Interscience, 2007

Joseph F. Becker: Physics 51 - Electricity & Magnetis, Califonia State University http://www.physics.sjsu.edu/becker/physics51/

some figures were taken from Wikipedia.

Licence: