

• Materialets permeabilitet : $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$

Jf. dielektrikum : $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$

Ulike typer magnetisme :

Dia-
~~paramagnetisme~~ magnetisme :

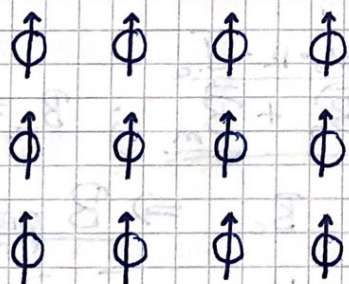
Ytre felt $\vec{B}_0$ induserer ~~et~~ motsatt rettet magnetisk dipolmoment $\vec{m}$ i atomer. Meget svak effekt i metaller.
Eks: Kobber (Cu) har $\mu_r = 0.999994$

Paramagnetisme :

Innretting av permanente magnetiske dipoler langs $\vec{B}_0$.
Svak effekt. Eks: Aluminium (Al) har $\mu_r = 1.00002$

Ferromagnetisme :

Nabospinn vekselvirker med hverandre, slik at parallelle $\vec{m}$ er foretrukket (dvs: gir lavest energi).



Gir magnetisering

$$\vec{M} \neq 0$$

selv uten et ytre felt

Grunnstoffer : Fe, Ni, Co

Legeringer : $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$; "alnico" (FeAlNiCo); SmCo_5

Oksyder : Fe_2O_3 ; CrO_2

Ferromagneter har stor verdi for μ_r , opp mot tusen og mer. (65)

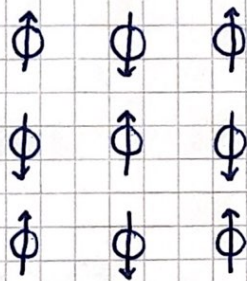
Faseovergang:

Økende temperatur T reduserer graden av innretting av $\vec{m}$.
Over en kritisk temperatur T_c (Curie-temperaturen)
blir ferromagneten til en paramagnet.

T_c ($^{\circ}\text{C}$)	770	1130	354	310 - 400
Materiale	Fe	Co	Ni	Neodym-magneter

Antiferromagnetisme:

Nabospinn vekselvirker slik at motsatt rettede nabospinn
(antiparallelle) gir lavest energi.

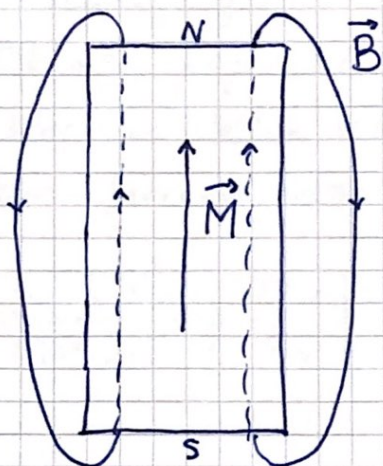


Gir $\vec{M} = 0$

Eks: FeMn, NiO, MnO, CoO, ...

Faseovergang til paramagnetisk fase ved
kritisk temperatur T_N (Néel-temperaturen)

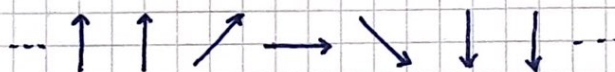
Permanentmagneter og magnetiske domener:



- Permanentmagnet
- Minimal vekselvirkningsenergi, "alle" atomare $\vec{m}$ parallelle
- Mye magnetisk energi i feltet rundt magneten. Energi pr volumenheter er $u_B = B^2/2\mu_0$

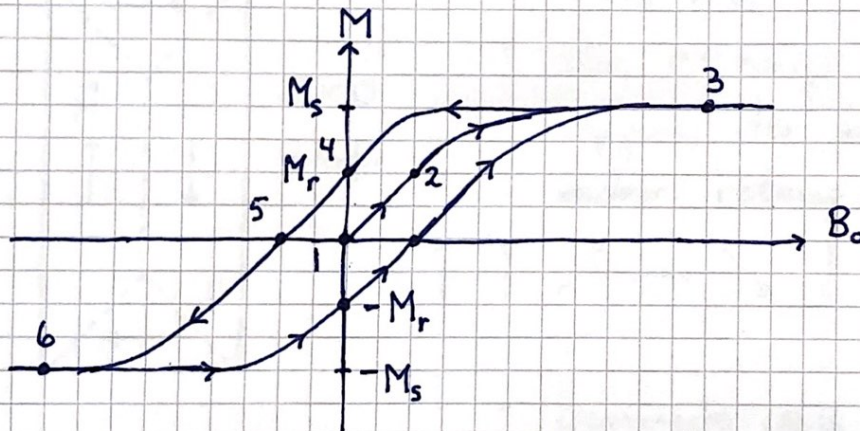
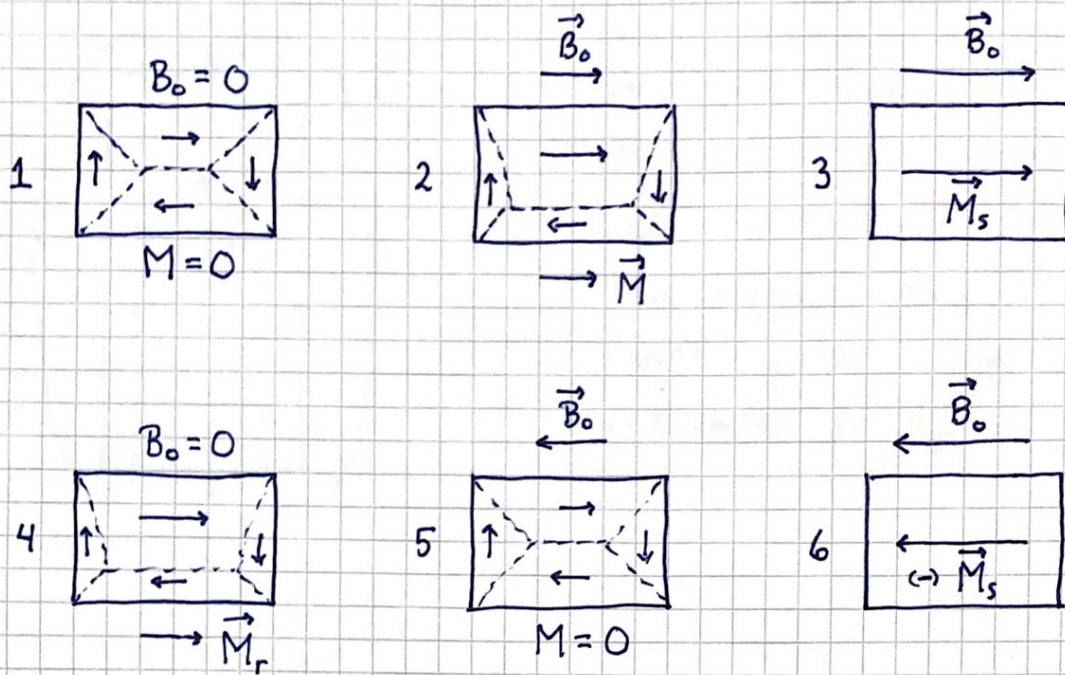


$B \approx 0$
utenfor



- F.eks. stål
- Stor v.v. energi nær domeneveggene, der atomare $\vec{m}$ endrer retning:
- Domenestørrelse typisk mellom 10^{-4} og 10^{-6} m
- Kan magnetiseres i et ytre felt $\vec{B}_0$

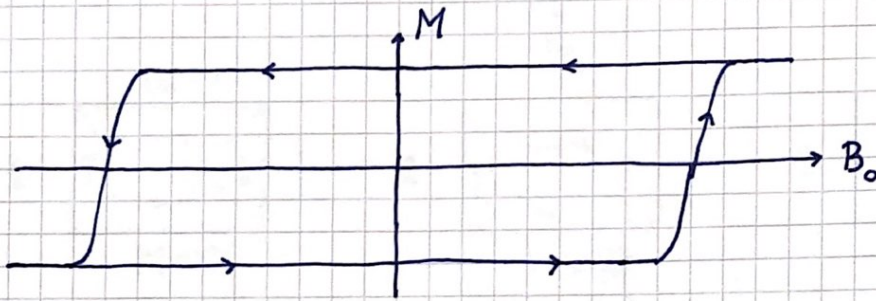
Magnetisk hystereses :



M_s = metningsmagnetisering ; "saturation" ;
alle $\vec{m}$ peker i samme retning

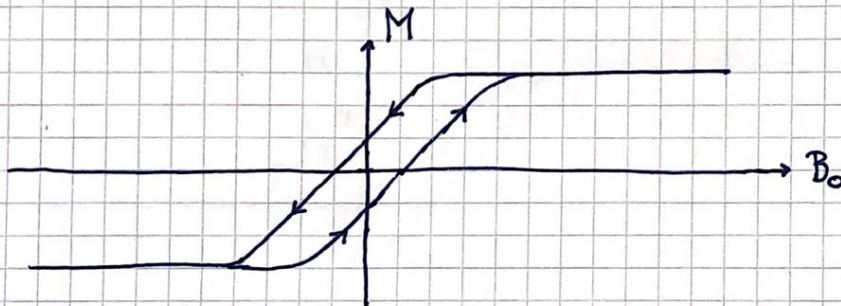
M_r = restmagnetisering ; "remanence" ;
materialet "husker" sin forhistorie slik at
 $M(B_0=0)$ avhenger av om $\vec{B}_0$ er redusert
til null fra "+ B_0 " eller "- B_0 "
($\rightarrow$) ($\leftarrow$)

Permanentmagnet ("hard" magnet):



- Vanskelig å armagnetisere; $M_r \approx M_s$
- Egnert som kjerne i spole i AC-kretser

Stål ("bløt" magnet):



- Lett å magnetisere og armagnetisere; $M_r \ll M_s$
- Egnert som kjerne i spole i AC-kretser

Arealet omskuttet av hysteresekurven tilsvarer energien som omdannes til varme, pr syklus av $\vec{B}_0(t)$ og pr volumenhett av materialet.

($\vec{M} \cdot \vec{B}$ har enhet J/m³)

(69)

Eks 1: Bestem B i jernfylt spole ($\mu_r = 10$) med $N = 400$ vindinger på lengde 8.0 cm , når spolestrommen er 1.0 A .

Løsning: $B_0 = \mu_0 n I$; $B = \mu_r B_0 = \mu_r \mu_0 n I = \mu n I$

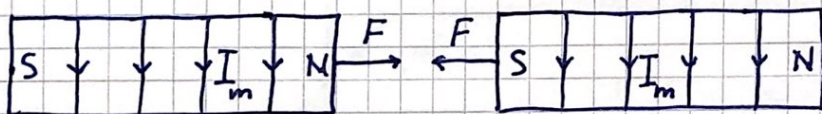
$$\Rightarrow B = 10 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{400}{0.080} \cdot 1.0 \text{ T} = 0.063 \text{ T} = \underline{63 \text{ mT}}$$

Magnetiseringsstrømmen I_m pr vinding av spoletråden er gitt ved at

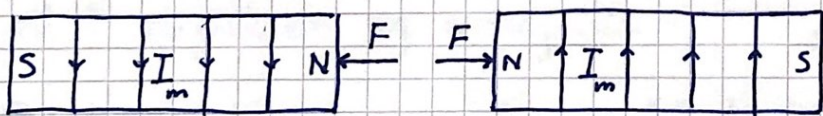
$$B = \mu_0 \cdot n \cdot (I + I_m)$$

$$\Rightarrow I_m = \frac{B}{\mu_0 n} - I = \frac{0.063 \cdot 0.080}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 400} \text{ A} - 1.0 \text{ A} = 10 \text{ A} - 1.0 \text{ A} = \underline{9.0 \text{ A}}$$

Eks 2: Tiltrekning og frastøtning mellom magneter



Parallell strømmer $\Rightarrow$ Tiltrekning



Antiparallell strømmer $\Rightarrow$ Frastøtning