

4.5.7 Magnetické vlastnosti látek

Předpoklady: 4501

Předminulá hodina – magnetická indukce závisí i na prostředí, ve kterém ji měříme \Rightarrow
permeabilita prostředí $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

μ_r - relativní permeabilita prostředí (zda prostředí zesiluje nebo zeslabuje magnetické pole)

Př. 1: Najdi v tabulkách údaje o relativní permeabilitě látek. Doplň hodnoty relativní permeability pro následující látky:
vzduch, železo, cín, voda, zlato, chrom, měď, nikl, kyslík.
Do kolika skupin můžeme látky z hlediska hodnot relativní permeability rozdělit?

vzduch	$\mu_r = 1,00000038$
železo	různé hodnoty až $\mu_r = 5800$
cín	$\mu_r = 1,0000023$
voda	$\mu_r = 0,999991$
zlato	$\mu_r = 0,999963$
chrom	$\mu_r = 1,000320$
měď	$\mu_r = 0,9999911$
nikl	různé hodnoty až $\mu_r = 1120$
kyslík	$\mu_r = 1,00000185$

\Rightarrow tři druhy látek:

- $\mu_r < 1$ permeabilita o trochu menší než 1
- $\mu_r > 1$ permeabilita o trochu větší než 1
- $\mu_r \gg 1$ permeabilita daleko větší než 1, navíc závislá na veličině H

Proč mají látky vliv na magnetické pole? Proč jsou některé magnetické?
Magnetismus způsobuje elektrický proud. Kde je v látkách schovaný?

atom se skládá z jádra, kolem kterého obíhají elektrony \Rightarrow kolem jádra teče elektrický proud (obíhající elektron je jako smyčka s proudem) \Rightarrow každý elektron vytváří svoje magnetické pole \Rightarrow 2 druhy atomů:

- magnetická pole elektronů se navzájem vyruší \Rightarrow atom není navenek magnetický = **diamagnetický atom** (zlato, měď)
- magnetická pole elektronů se nevyruší \Rightarrow atom se zvenku chová jako malý magnet = **paramagnetický atom**

Př. 2: Na základě znalostí z chemie a fyziky rozhodni, které prvky mají diamagnetické a které paramagnetické atomy.

Diamagnetické atomy – vzácné plyny, mají kompletní konfiguraci slupek, zřejmě se magnetická pole elektronů vyruší

Paramagnetické atomy – alkalické kovy, 1 elektron přidáný do kompletní konfigurace, železo – zesiluje magnetické pole, potřebuje atomy, které na pole působí

3 druhy látek:

1) diamagnetické látky

složené z diamagnetických atomů

$\mu_r < 1 \Rightarrow$ velmi málo zeslabují magnetické pole

příklad: měď: $\mu_r = 0,9999911$, vzácné plyny

2) paramagnetické látky

složené z paramagnetických atomů

$\mu_r > 1$ (ale jen nepatrně) \Rightarrow velmi málo zesilují magnetické pole

příklad: hliník: $\mu_r = 1,000022$

Jak to, že paramagnetické látky nezsilují magnetické pole, když jejich atomy jsou malé magnety?

Aby zesilovaly, vnější pole by je muselo uspořádat.

Atomy se však tepelně pohybují a ani silné vnější magnetické pole je nedokáže uspořádat do jednoho směru \Rightarrow nedokáže vnější magnetické pole podstatně zesílit.

3) feromagnetické látky

složené z paramagnetických atomů

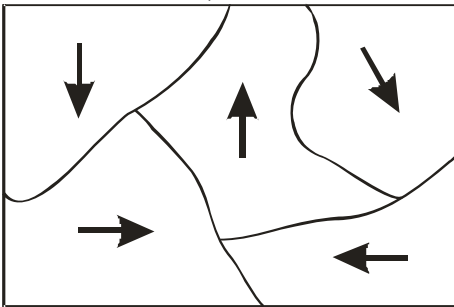
$\mu_r > 1$ (podstatně větší $\mu_r = 10^2 \dots 10^5$) \Rightarrow zdatelně zesilují magnetické pole

Čím se liší od paramagnetických látek, že zesilují magnetické pole?

Mezi sousedícími atomy působí „výměnné síly“ (jejich popis vyžaduje kvantovou fyziku a je mimo dosah středoškolské fyziky), které způsobují souhlasné uspořádání atomů v malých oblastech látky takzvaných **doménách**.

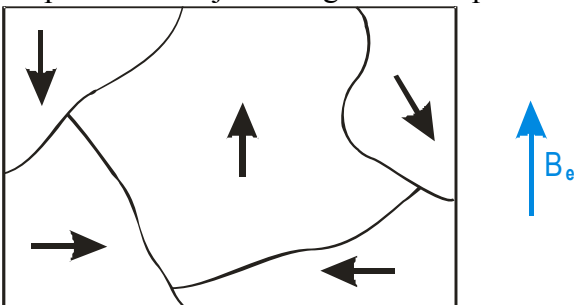
Domény mají velikost $10^{-3} \dots 10^1 \text{ mm}^3$ a mají různou orientaci \Rightarrow bez přítomnosti vnějšího magnetického pole se látka neprojevuje jako magnetická

Takto vypadá feromagnetická látka v nezmagnetovaném stavu (domény se projevují jako magnety s různou orientací):



Jak začne látka zesilovat magnetické pole?

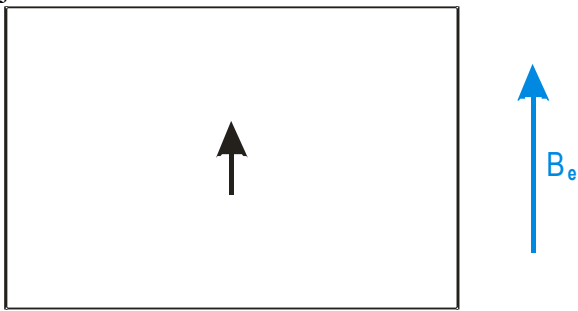
Při působení vnějšího magnetického pole se domény se stejnou orientací začne zvětšovat:



Čím je vnější magnetické pole silnější, tím více se domény se souhlasnou orientací zvětšuje a ostatní domény zmenšují, látka zesiluje vnější magnetické pole čím dál výrazněji (μ_r se

zvětšuje).

Při určité hodnotě vnějšího magnetického pole bude souhlasně zorientovaná celá látka, domény s jinou orientací zaniknou



Říkáme, že látka je nasycená, její μ_r se přestává zvětšovat.

⇒ feromagnetismus důsledkem uspořádání atomů ⇒ u všech látek se objevuje pouze v krystalickém stavu

při vyšší teplotě se atomy víc cukají a hůře se uspořádají do domén ⇒ pro každou feromagnetickou látku existuje **Curieova teplota** (například pro železo $770^\circ C$), při které teplotě kvantová mechanika domény neudrží, ony se rozpadnou, látka ztratí magnetické vlastnosti a dál se chová jako paramagnetická)

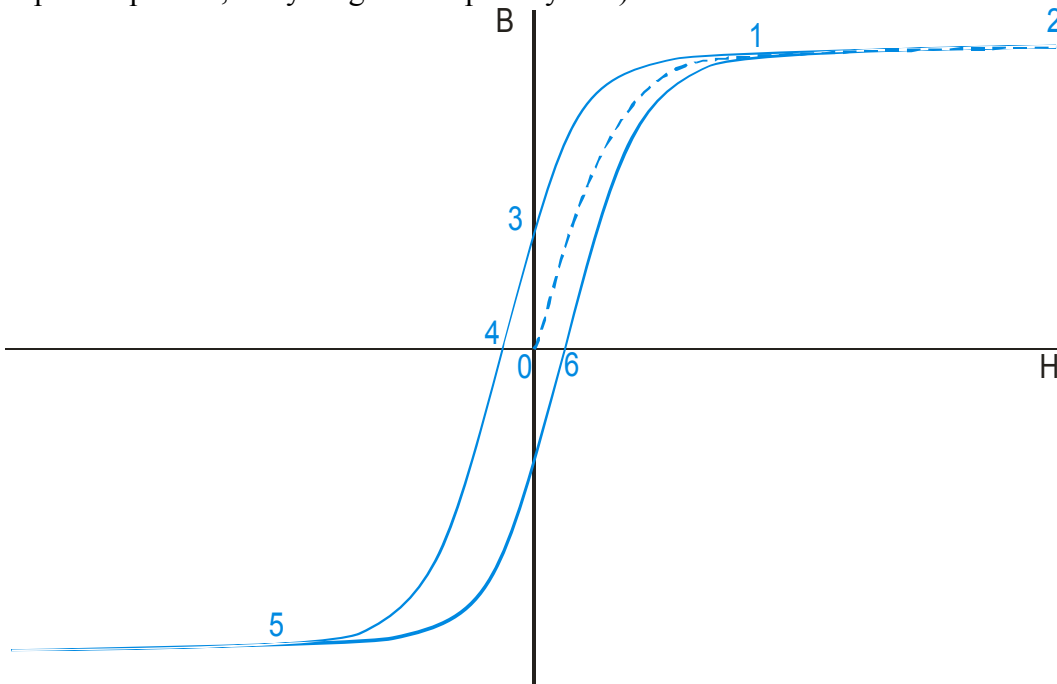
feromagnetických látek je málo – železo, kobalt, nikl a některé slitiny (existují i slitiny látek, které nejsou feromagnetické, ale dohromady vytvoří látku feromagnetickou)

Ferimagnetické látky (ferity)

- špatně vedou elektrický proud
- dělají se z nich jádra do cívek nebo permanentní (trvalé) magnety

Hysterezní křivka

udává závislost magnetického pole v látce na vnější magnetizaci (udávaná pomocí veličiny H , která odpovídá proudu, který magnetické pole vytváří)



⇒ vidíme, že hodnota magnetické indukce v látce nezávisí pouze na vnějším poli, ale i na historii magnetování. Projdeme historií:

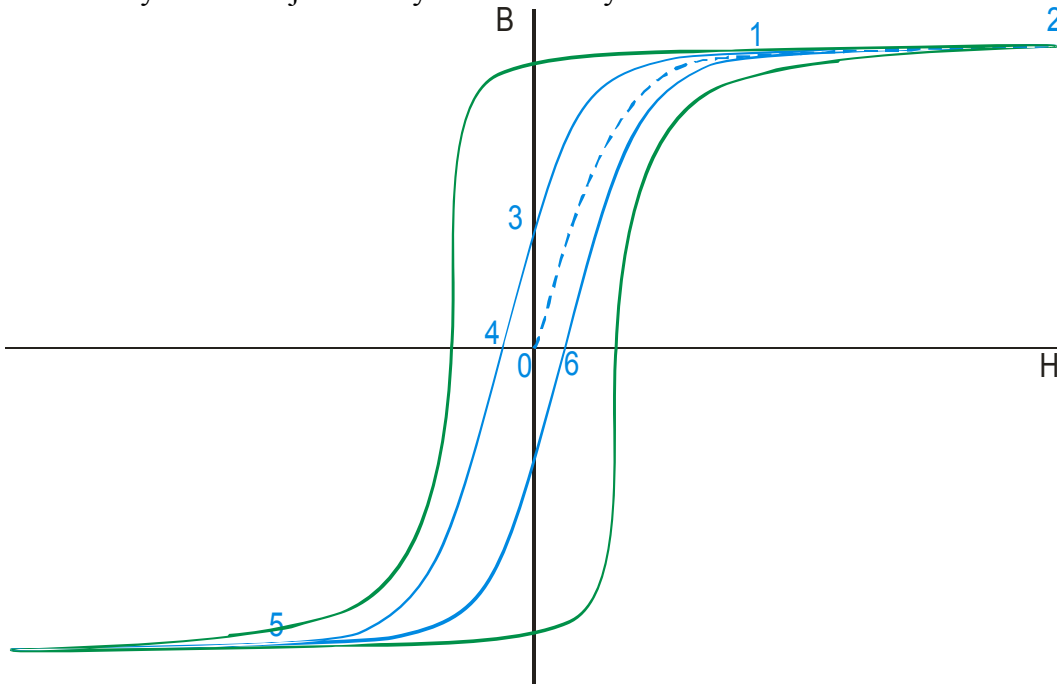
zvětšování vnějšího pole

- bod 0 = látka není vůbec magnetizovaná (žádná doména nemá převahu), vnější pole je nulové
- přechod z bodu 0 do bodu 1 - doména, která má stejný směr s magnetickým polem se zvětšuje a ostatní domény se zmenšují, látka čím dál více zesiluje vnější pole
- bod 1 – látka je nasycená,
- přechod z bodu 1 do bodu 2 - látka je nasycená, vnitřní pole se zvětšuje pouze tak, jak se zvětší vnější pole

zmenšování vnějšího pole

- přechod z bodu 2 do bodu 1 – vnitřní pole se zmenšuje s vnějším
- přechod z bodu 1 do bodu 3 – doména se začne zmenšovat později než se zvětšovala, vnitřní pole klesá pomaleji než při magnetizaci
- bod 3 – vnější pole je nulové, ale vnitřní pole nulové není = látka je zmagnetovaná a chová se jako magnet
- přechod z bodu 3 do bodu 4 – vnější magnetické pole má opačnou orientaci než vnitřní a postupně zmenšuje vnitřní pole na nulu
- bod 4 – vnější pole je tak velké, že dokáže vrátit vnitřní pole na nulu

různé druhy železa mají různé hysterezní křivky:



modrá křivka – železo si málo drží svou magnetizaci = **magneticky měkká látka**

zelená křivka – železo si hodně drží svou magnetizaci (musíme ho převrátit silnějším vnějším polem) = **magneticky tvrdá látka**

Čím větší je obsah křivky, tím větší energie je nutné materiálu dodat, aby proběhlo střídavé zmagnetování

Př. 3: Rozhodni, pro které aplikace je lepší používat magneticky tvrdé a pro které magneticky měkké látky.

magneticky tvrdé látky, když potřebuji, aby si látka udržela svůj magnetismus \Rightarrow výroba trvalých magnetů

magneticky měkké látky, když potřebuji, aby se látka snadno přemagnetovávala a neztrácel

jsou energii ⇒ jádra cívek

Magnetická tvrdost látky souvisí s dokonalostí krystalického uspořádání ⇒ magneticky velmi měkké jsou **amorfni plechy** – kovy, které byly pro roztavení zchlazeny tak rychle, že si nevytvořily krystalickou mřížku

Př. 4: Jakým způsobem je možné demagnetizovat zmagnetizovaný šroubovák?

Nejjednodušší bude zahřát ho, aby se dostal nad Curieovu teplotu.

Shrnutí: Magnetické chování látek je určeno nejen typem, ale hlavně uspořádáním jejich atomů. Feromagnetismus je poměrně řídká vlastnost.