4.5.7 Magnetické vlastnosti látek

Předpoklady: 4501

Předminulá hodina – magnetická indukce závisí i na prostředí, ve kterém ji měříme ⇒ 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	$\mu_r = 1{,}00000185$

⇒ 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*.

Pedagogická poznámka: Žáci mají s tabulkou značné problémy, protože nestačí hodnoty pouze opsat. V tabulce jsou uvedeny magnetické susceptibility navíc s exponentem v hlavičce tabulky. Navíc železo s niklem nejsou v tabulce uvedeny. Opět se nesnažím jim říkat, jak mají hodnoty získat, jenom chci, aby si pořádně přečetli popis tabulky a říkám: „Relativní permeabilita vzduchu není 0,38.“, „Relativní permeabilita vzduchu není 1,038.“

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 ⇒ kolem jádra teče elektrický proud (obíhající elektron je jako smyčka s proudem) ⇒ každý elektron vytváří svoje magnetické pole.
⇒ Existují dva druhy atomů:
- magnetická pole elektronů se navzájem vyruší ⇒ atom není navenek magnetický = **diamagnetický atom** (zlato, měď),
- magnetická pole elektronů se nevyruší ⇒ 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

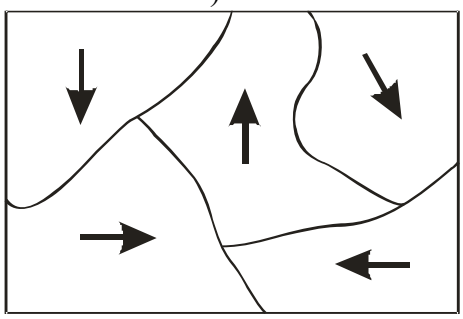
paramagnetické atomy.

Diamagnetické atomy – vzácné plyny, mají kompletní konfiguraci slupek, zřejmě se magnetická pole elektronů vyruší
Paramagnetické atomy – alkalické kovy, 1 elektron přidaný do kompletní konfigurace, železo – zesiluje magnetické pole, potřebuje atomy, které na pole působí.

3 druhy látek:
1) diamagnetické látky
Složené z diamagnetických atomů.
$\mu_r < 1$ ⇒ velmi málo zeslabují magnetické pole.
Příklad: měď: $\mu_r = 0{,}9999911$, vzácné plyny.

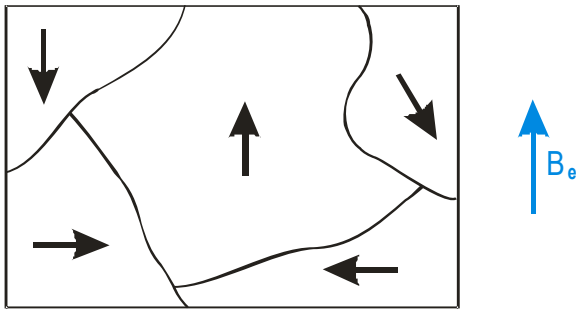
2) paramagnetické látky
Složené z paramagnetických atomů.
$\mu_r > 1$ (ale jen nepatrně) ⇒ velmi málo zesilují magnetické pole.
Příklad: hliník: $\mu_r = 1{,}000022$.
Jak to, že paramagnetické látky zesilují magnetické pole jen velmi málo, když jejich atomy jsou malé magnety? Aby zesilovaly, vnější pole by je muselo uspořádat. Atomy se však tepelně pohybují a ani silné vnější magnetické pole je nedokáže uspořádat do jednoho směru ⇒ nedokáží vnější magnetické pole podstatně zesílit.

3) feromagnetické látky
Složené z paramagnetických atomů.
$\mu_r > 1$ (podstatně větší $\mu_r = 10^2 ... 10^5$) ⇒ znatelně 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 $10^{-3} ... 10^{1}\,\mathrm{mm}^3$ a mají různou orientaci ⇒ bez přítomnosti vnějšího magnetického pole se látka neprojevuje jako zmagnetizovaná.
Takto vypadá feromagnetická látka v nezmagnetovaném stavu (domény se projevují jako magnety s různou orientací).

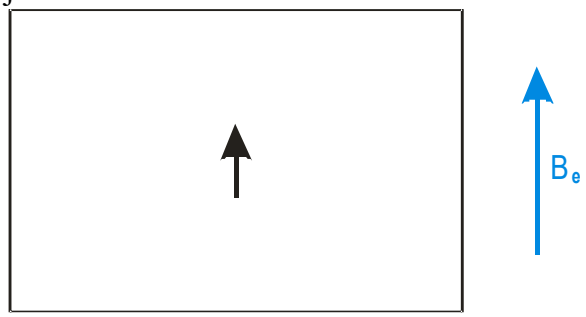


Jak začne látka zesilovat magnetické pole?

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



Čím je vnější magnetické pole silnější, tím více se doména 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.

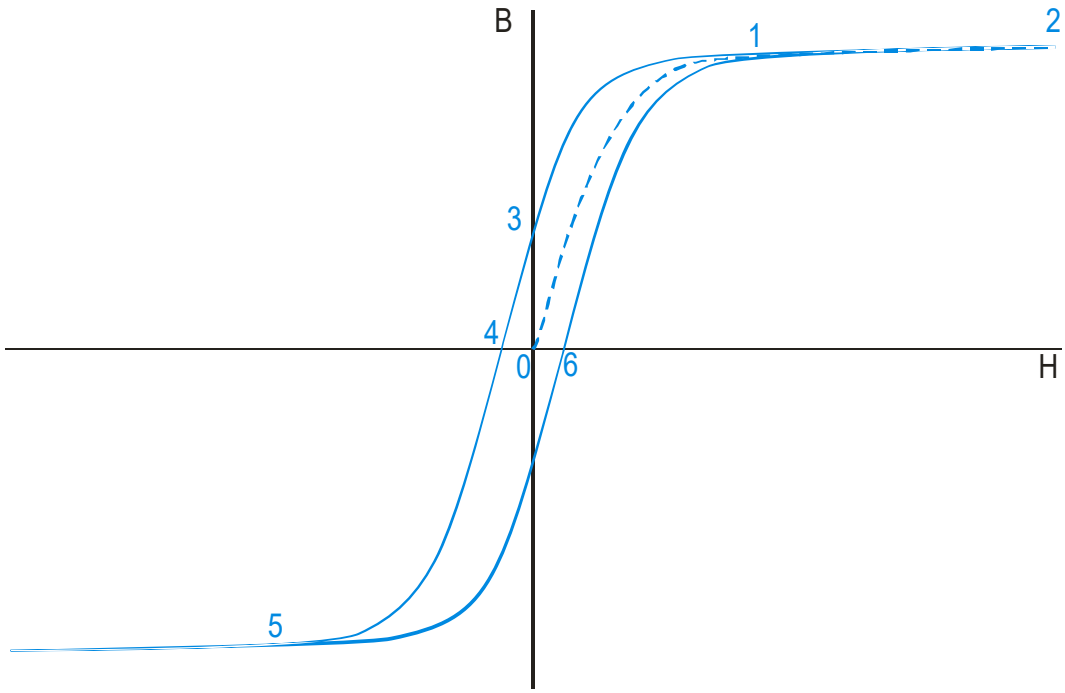
Feromagnetismus je důsledkem uspořádání atomů $\Rightarrow$ u všech látek se objevuje pouze v krystalickém stavu.
Při vyšší teplotě se atomy více pohybují a hůře se uspořádají do domén $\Rightarrow$ pro každou feromagnetickou látku existuje **Curieova teplota** (například pro železo $770\,°C$), při které 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 historii.

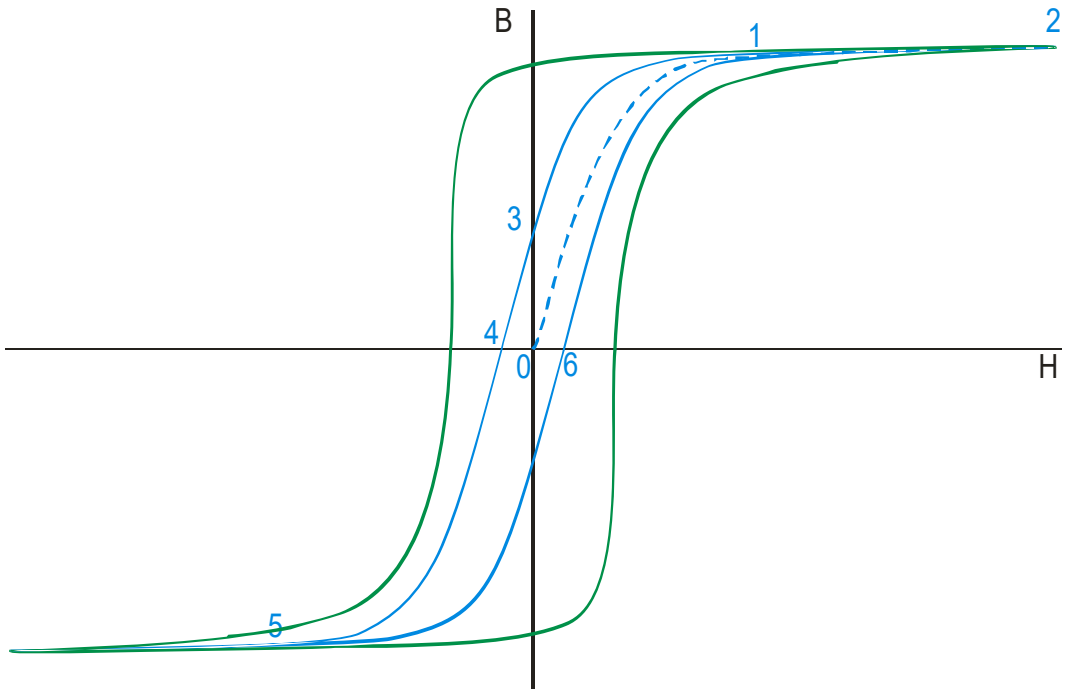
Zvětšování vnějšího pole

- 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 se ztrácí v materiálu během střídavého zmagnetovávání.

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

> Magneticky tvrdé látky, když potřebujeme, aby si látka udržela svůj magnetismus ⇒ výroba trvalých magnetů.
> Magneticky měkké látky, když potřebujeme, aby se látka snadno přemagnetovávala a neztrácela se energie ⇒ jádra cívek.

Magnetická tvrdost látky souvisí s dokonalostí krystalického uspořádání ⇒ magneticky velmi měkké jsou **amorfní 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.