

Magnetické pole ve hmotném prostředí

- V látkách existují volné náboje, které svým pohybem vytvářejí proudy
 - Existují zde i vázané náboje, které nemohou opustit své místo, ale malým posunem vytvářejí el. dipóly
- Vázané náboje, ale také vytvářejí proudy
- Např. elektron obíhající jádro atomu vytváří el.proud I_e , který obtéká malou plošku S_e > vzniká magnetický dipól
- $$\vec{m} = I_e * \vec{S}_e \quad \text{Dipólový moment atomu}$$

Vektor magnetizace

- Necht' v malém objemu dV existuje N mag. Dipólů se svými momenty

$$\vec{m}_1 = I_1 * \vec{S}_1$$

$$\vec{m}_2 = I_2 * \vec{S}_2$$

$$\vec{m}_n = I_n * \vec{S}_n$$

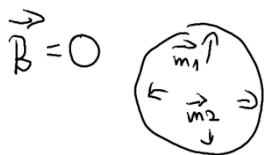
- Potom definujeme jejich součet

$$d\vec{m} = \sum_i I_i * \vec{S}_i \quad \text{celkový mag. dipólový moment v objemu } dV$$

$$\vec{M} = \frac{d\vec{m}}{dV} \quad \text{Vektor magnetizace dielektrika = celkový mag. dipólový moment v jednotce objemu}$$

Magnetický měkké a tvrdé látky

- Magnetické dipóly jsou ve hmotném prostředí orientovány náhodně >> celkový dipólový oment je nulový
- Ve vnějším magnetickém poli se pouze natáčí do jeho směru



$$d\vec{m} = \sum_i \vec{m}_i = 0$$

$$\rightarrow \vec{M} = \frac{d\vec{m}}{dV} = 0$$

Magneticky měkké látky



$$d\vec{m} = \sum_i \vec{m}_i \neq 0$$

$$\rightarrow \vec{M} = \frac{d\vec{m}}{dV} \neq 0$$

Netočení dp směru pole
= Jev magnetizace látky

Některé látky mají i v nulovém vnějším poli všechny dipóly maximálně zorientovány a platí pro ně:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{m}}{dV} = \text{konstanta} \quad \text{Magneticky tvrdé látky}$$

Vlastnosti homogenního a izotropního prostředí

Homogenní prostředí = stejné vlastnosti ve všech místech

$$\vec{m}_1 = \vec{m}_2 = \dots = \vec{m}_n = \vec{m} = I_e * \vec{S}_e$$

$$d\vec{m} = \sum_i \vec{m}_i = N * \vec{m} \quad \text{celkový dipólový moment}$$

$$n = \frac{N}{dV} \quad \text{Koncentrace mag. dipólů}$$

$$\vec{M} = n * \vec{m} = n * I_e * \vec{S}_e \quad \text{Magnetizace v homogenní látce}$$

U homogenních a izotropních látek je magnetizace přímo úměrná magnetickému poli

$$\vec{M} = \text{konstanta} * \vec{B} \quad \text{Lineární magnetikum}$$

$$\vec{M} = H_m^{\text{psací há}} * \vec{H} \quad \text{Magnetická susceptibilita (závisí na vlastnostech zkoumané látky)}$$

Superpozice vnějšího a vnitřního pole

Výsledné pole uvnitř látky se skládá z vnějšího magnetického pole a pole vzniklých mag. Dipólů

$$\vec{B} = \vec{B}_{\text{vnější}} + \vec{B}_{\text{vnitřní}}$$

Mikroskopický proud ohraničenou plochou

Nechť S je spojitá plocha ohraničená uzavřenou křivkou I

- Uprostřed plochy S je výsledný přenesený náboj přes tuto plochu nulový
- Ne okrají plochy S elektron při zpětném pohybu tuto plochu míjí >> přenesený náboj je různý od nuly

Předpokládejme homogenní a izotropní látku. Pak situace kolem elementu je $d\vec{l}$

- K přenosu náboje tedy přispívají všechny náboje v objemu : $dI = S_e * \cos\alpha = d\vec{l} * \vec{S}_e$
- Při koncentraci dipólů n je jejich počet : $dN = n * d\vec{l} * \vec{S}_e$
- Všechny dipóly v tomto objemu vytvářejí proud : $dI = n * d\vec{l} * \vec{S}_e * I_e = \vec{M} * d\vec{l}$

$$\Rightarrow \text{Celkový mikroskopický proud plochou } S : I_{\text{mikro}} = \oint_e dI = \vec{M} * d\vec{l}$$

Vektor magnetické intenzity

Plochou S může téct také proud volných nábojů I >> celkový proud plochou S pak bude $I + I_{\text{mikro}}$

Z Ampérova zákona:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \quad \text{Vektor magnetické intenzity}$$

$$\oint_e \vec{H} * d\vec{r} = I \quad \text{Ampérův zákon ve hmotném prostředí}$$

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{I} \quad \text{Ampérův zákon ve hmotném prostředí - diferenciální tvar}$$

$$\vec{B} = \mu_0 * (1 + H_m^{\text{psací há}}) * \vec{H} = \mu_0 * \mu_r * \vec{H} = \mu * \vec{H}$$

$$\begin{array}{ll} 1 + H_m^{\text{psací há}} & \mu_0 - \text{relativní permeabilita} \\ \mu_0 * \mu_r & \mu - \text{Permeabilita prostředí} \end{array}$$

$$\oint_e \vec{B} * d\vec{r} = \mu I = \mu_0 * \mu_r * I \rightarrow \vec{B} = \mu_r \vec{B}_0 \quad \text{Ve hmotném prostředí je mag. pole } \mu_r \text{ krát větší než ve vakuu}$$

Rozlišujeme tři skupiny látek:

- 1) Diamagnetické (zeslabují pole) $H_m^{\text{psací há}} < 0$ $\mu_r < 1$ $\mu_r \approx 1$
- 2) Paramagnetické (zesilují pole) $H_m^{\text{psací há}} > 0$ $\mu_r > 1$ $\mu_r \approx 1$
- 3) Feromagnetické (výrazně zesilují pole) $H_m^{\text{psací há}} < 0$ $\mu_r \gg 1$
 - o Jejich permeabilita není konstantní
 - o Po vypnutí pole zůstanou dipóly částečně orientované