

2. Mágnesezettség és mágneses térerősség bevezetése. Az anyagok mágneses tulajdonságai. Dia-, paramágnesesség. Ferromágnesesség.

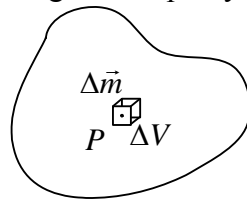
A mágneses polarizáció, a mágnesesség vagy mágnesezettség vektora:

A nukleonok (proton, neutron) mágneses dipólnyomatéka sokkal kisebb, mint az elektronoké, ezért egy atom vagy molekula mágneses dipólnyomatéka megegyezik az elektronok dipólnyomatékának összegével.

Az elektronok mágneses dipólnyomatéka két részből áll:

- mozgásból származó dipólnyomaték (a mozgó elektron kicsiny köráramnak tekinthető)
- saját dipólnyomaték

Legyen $\Delta \vec{m}$ a ΔV térfogatban lévő mágneses dipólnyomatékok vektori összege.



Definíció szerint a mágnesezettség vektora a P pontban: $\vec{M} = \lim_{\substack{\Delta V \rightarrow 0 \\ P \in \Delta V}} \frac{\Delta \vec{m}}{\Delta V}$. A mágnesezettség

vektor nagysága tehát mérőszám tekintetében megadja az egységnyi térfogatra jutó dipólnyomatékokot.

$$[M] = 1 \frac{Am^2}{m^3} = 1 \frac{A}{m}$$

Célszerű bevezetni a mágneses térerősséget mint a \vec{B} és a \vec{M} vektorok lineáris kombinációját mivel rá egyszerű alakú alaptörvény állapítható meg. A \vec{H} mágneses térerősség:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}.$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$ univerzális állandó a vákuum permeabilitása.

A térerősség, és a permeabilitás mértékegysége:

$$[H] = [M] = 1 \frac{A}{m}$$

$$[\mu_0] = \frac{[B]}{[H]} = \frac{1 \frac{Vs}{m^2}}{1 \frac{A}{m}} = 1 \frac{Vs}{Am}.$$

A \vec{M} mágnesezettség valamint a mágnesező tér \vec{B} indukciója közötti kapcsolatot anyag egyenletnek nevezzük. Első közelítésben \vec{B} és \vec{M} között arányosságot feltételezünk, ilyenkor beszélünk lineáris anyagegyenletről. Ha $\vec{B} \sim \vec{M}$ akkor $\vec{H} \sim \vec{M}$. Izotróp közegben a \vec{H} és \vec{M} vektorok nemcsak egyirányúak, hanem a tapasztalat szerint egymással egyenesen arányosak is:

$$\vec{M} = \chi \vec{H},$$

χ mágneses szuszceptibilitás.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0 (\vec{H} + \chi \vec{H}) = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} = \mu_0 \mu' \vec{H}$$

ahol $\mu' = 1 + \chi$ a relatív permeabilitás, $\mu = \mu_0 \mu'$ pedig az abszolút permeabilitás.

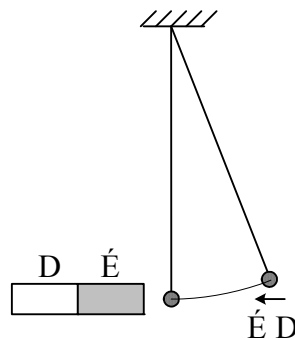
A lineáris anyag egyenlet tehát:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu' \vec{H}, \text{ vagy röviden } \vec{B} = \mu \vec{H}.$$

Az anyagok mágneses tulajdonságai:

Mai ismereteink szerint az anyagok mágneses tulajdonságaik alapján öt típusba sorolhatóak: Dia-, para-, ferro- és antiferromágneses anyagok valamint ferritek.

Diamágnesség:



A bizmut, réz, ezüst, arany, higany, ólom, víz külső mágneses mező nélkül mágneses tulajdonságot nem mutatnak. Mágneses mezőbe helyezve a kis bizmut darabot egy taszító hatást érzékelhetünk. A bizmut polarizálódott és a mágnesező tér indukciója ellentétes irányú a mágnesezettség vektorával. Ezeknél az anyagoknál tehát $\chi < 0$.

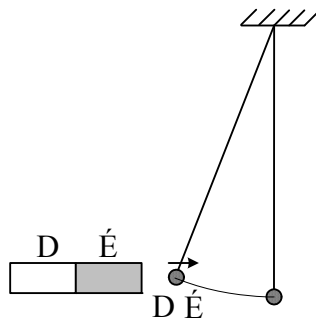
$$|\chi| = 10^{-5} - 10^{-6}, \text{ azaz}$$

$$\mu' = 1 + \chi \approx 0,9999\dots$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H}$$

Mivel χ negatív, a közegbeli \vec{B} indukció lecsökken a vákuumbeli $\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$ indukcióhoz képest. (Ez a csökkenés nagyon kicsiny.) Az ilyen anyagok atomjai külső mágneses mező nélkül nem rendelkeznek mágneses dipólyomatékkal. Az elektronok pálya- és saját-mágneses momentumaik lerontják egymást. Külső mező hatására ez a helyzet felborul (egyik elektron felgyorsul, másik lelassul). A jelenség a hőmérséklettől független.

Paramágnesség:



Ilyen anyag például az alumínium, króm platina, volfrám, hélium oxigén, levegő. Külső mező híján ezek az anyagok sem mutatnak mágneses tulajdonságot. A felfüggesztett alumínium golyót az állandó mágnes vonzza. Ebben az esetben az anyag atomjainak külső mágneses mező nélkül is van eredő mágneses dipólnyomatékuk. Külső mező híján ezek rendezetlenül állnak. A mágneses mező az atomi dipólusokat a maga irányába forgatja, mégpedig annál inkább minél alacsonyabb a hőmérséklet. Ezt a jelenséget rendeződési polarizációnak nevezzük.

$$\vec{B} \uparrow \uparrow \vec{M}, \text{ ilyenkor } \chi > 0$$

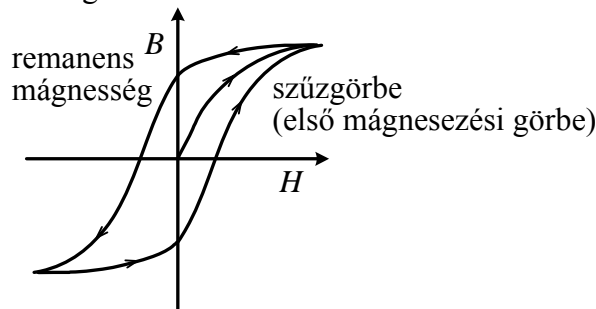
$$\chi \approx 10^{-3} - 10^{-6}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H}.$$

A vákuumbeli indukcióhoz képest ilyenkor növekszik az indukció.

Ferromágnesség:

A vas, kobalt, nikkal és ezek ötvözetei, ezek erősen mágnesezhető anyagok, a mágneses mezőből kiemelve többé-kevésbé megőrzik a mágnesességüket. A ferromágneses anyagok mágneses szempontból anizotropok, a \vec{B} , \vec{H} , és \vec{M} vektorok nem esnek egy egyenesbe. A ferromágneses anyagot külső mágneses mezőbe helyezve, az \vec{M} mágnesezettség, a \vec{H} térerősség növelésével csak egy bizonyos határig nő, és ekkor telítődés következik be. Az ilyen anyagok esetén a lineáris anyagegyenlet nem használható. A B és H közötti összefüggés nemcsak nem lineáris, de nem is egyértékű. Kísérletileg meghatározható a mágnesezési vagy hiszterézis görbe.



Az összetartozó B és H értékek hányadosából kiszámítható μ' vagy χ már nem állandó (függ H -tól).

$$\frac{\mu'}{\chi} \geq 10^3.$$

Az olyan anyagokat, amelyeknek nagy a remanens (visszamaradó) mágnessége permanens mágneseknek nevezzük, ilyen például az acél. Egy bizonyos T_c hőmérséklet, az úgynevezett Curie-hőmérséklet fölött a ferromágneses anyagok paramágneses anyagokká válnak. A Curie-hőmérséklet néhány anyag esetén:

vas:	769 °C
kobalt:	1075 °C
nikkel:	360 °C

A ferromágneses anyagoknak azt a tartományát, amelynek mágnesezettsége egyirányú, doménnek nevezzük. A domének 10^{-9} - 10^{-12} cm³ térfogatú tartományok $\sim 10^{15}$ számú atommal. Egy-egy domén telítésig mágnesezett, de külső tér híján egymáshoz képest rendezetlenek.

- Külső mágneses tér jelenlétében azon domének térfogata nő, amelyek mágnesezettségének iránya kis szöget zár be a külső \vec{H} -val (faleltolódás).
- Nagy térerősségű külső mágneses mezőnél a domének ugrásszerűen befordulhatnak a külső mező irányába.