Supstancija u magnetskom polju

Sve supstancije su u stanju da pod uticajem spoljašnjeg magnetskog polja menjaju svoja magnetska svojstva. Ovo menjanje magnetskih svojstava supstancije nastaje kao posledica promene *elementarnih magnetskih momenata* atoma ili molekula supstancije. Elementarni magnetski moment atoma ili molekula nastaje usled orbitalnog kretanja i rotacije oko sopstvene ose (*spin elektrona*). Spin elektrona je posledica postojanja elementarnog magnetskog momenta elektrona. Ovo menjanje magnetskih svojstava supstancije pod uticajem spoljašnjeg magnetskog polja je osnova feromagnetskih pojava.

Atomi i molekuli supstancije koja se nalazi u vakuumu, koji se mogu okarakterisati određenim magnetskim momentom, nazivaju se paramagnetici. Paramagnetici su supstancije čiji atomi ili molekuli imaju magnetske momente koji su posledica postojanja atomskih jezgara i elektrona.

Sve supstancije mogu se podeliti na dijamagnetike, paramagnetike i feromagnetike. Kod dijamagnetika pod uticajem spoljašnjeg magnetskog polja nastaje indukovani magnetski moment koji ima suprotan smer od smera spoljašnjeg magnetskog polja. Dijamagnetici su supstancije čiji atomi ili molekuli nemaju magnetske momente (permanentni magneti).

U dijamagnetike spadaju: bizmut, zlato, živa, ugljenik, olovo, srebro, vodonik, bakar, cink, silicijum, fosfor, sumpor, helijum, azot, neon, argon, kripton, ksenon, radon, voda, ugljen-dioksid, amonijak, benzen, alkohol, šećer, ulje, mast, guma, staklo, kvarc, so, alkalni metali, zemnoalkalni metali, halogeni elementi, inertni gasovi, većina organskih jedinjenja, većina jonskih jedinjenja, većina kovalentnih jedinjenja. Dijamagnetski efekat je slab i može se uočiti samo kada nema paramagnetskih i feromagnetskih efekata. Kada se dijamagnetik unese u stranu magnetsko polje, u njemu se indukuje magnetski moment koji ima suprotan smer od smera stranog magnetskog polja i da to polje oslabe.

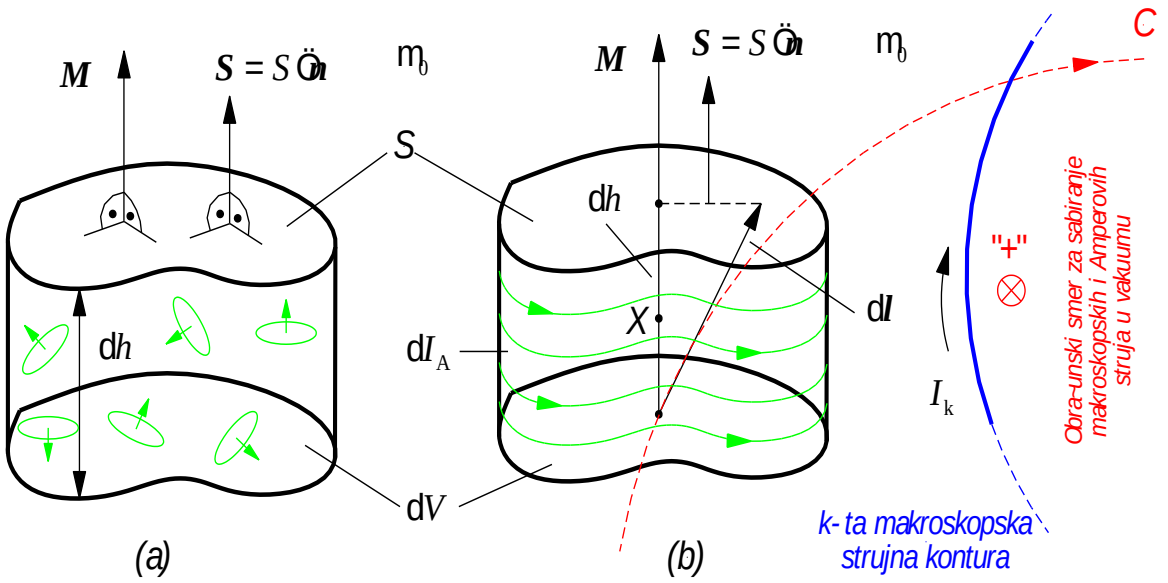
U paramagnetike spadaju aluminijum (Al), platina (Pt), kiseonik, azot (N), kiseonik (O), ugljen-dioksid, voda, vazduh, većina jedinjenja u kojima nema nijednog od navedenih elemenata. U paramagnetike spadaju i neki metali, kao što su: aluminijum, magnezijum, natrijum, kalcijum, titan, vanadijum, hrom, mangan, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, molibden, volfram, platina, olovo, uran, plutonijum. Paramagnetski efekat je slab i može se uočiti samo kada nema dijamagnetskih i feromagnetskih efekata. Kada se paramagnetik unese u stranu magnetsku indukciju $\vec{B}$, u njemu se indukuje magnetski moment koji ima isti smer kao i smer stranog magnetskog polja. Usled toga se intenzitet magnetske indukcije kod paramagnetika u stranom magnetskom polju neznatno povećava u odnosu na intenzitet magnetske indukcije u vakuumu. Kada se paramagnetik unese u stranu magnetsku indukciju $\vec{B}$, u njemu se indukuje magnetski moment koji ima isti smer kao i smer stranog magnetskog polja. Usled toga se intenzitet magnetske indukcije kod paramagnetika u stranom magnetskom polju neznatno povećava u odnosu na intenzitet magnetske indukcije u vakuumu. Paramagnetici su supstancije čiji atomi ili molekuli imaju magnetske momente koji su posledica postojanja atomskih jezgara i elektrona. Paramagnetici su supstancije čiji atomi ili molekuli imaju magnetske momente koji su posledica postojanja atomskih jezgara i elektrona. Sve supstancije mogu se podeliti na dijamagnetike, paramagnetike i feromagnetike. Kod dijamagnetika pod uticajem spoljašnjeg magnetskog polja nastaje indukovani magnetski moment koji ima suprotan smer od smera spoljašnjeg magnetskog polja. Dijamagnetici su supstancije čiji atomi ili molekuli nemaju magnetske momente (permanentni magneti). U dijamagnetike spadaju: bizmut, zlato, živa, ugljenik, olovo, srebro, vodonik, bakar, cink, silicijum, fosfor, sumpor, helijum, azot, neon, argon, kripton, ksenon, radon, voda, ugljen-dioksid, amonijak, benzen, alkohol, šećer, ulje, mast, guma, staklo, kvarc, so, alkalni metali, zemnoalkalni metali, halogeni elementi, inertni gasovi, većina organskih jedinjenja, većina jonskih jedinjenja, većina kovalentnih jedinjenja. Dijamagnetski efekat je slab i može se uočiti samo kada nema paramagnetskih i feromagnetskih efekata. Kada se dijamagnetik unese u stranu magnetsko polje, u njemu se indukuje magnetski moment koji ima suprotan smer od smera stranog magnetskog polja i da to polje oslabe. U paramagnetike spadaju aluminijum (Al), platina (Pt), kiseonik, azot (N), kiseonik (O), ugljen-dioksid, voda, vazduh, većina jedinjenja u kojima nema nijednog od navedenih elemenata. U paramagnetike spadaju i neki metali, kao što su: aluminijum, magnezijum, natrijum, kalcijum, titan, vanadijum, hrom, mangan, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, molibden, volfram, platina, olovo, uran, plutonijum. Paramagnetski efekat je slab i može se uočiti samo kada nema dijamagnetskih i feromagnetskih efekata

ponašanje supstancije u magnetskom polju. Ovo ponašanje se može opisati svojim magnetskim momentom koji je posledica prisustva sopstvenog magnetskog polja

Svaka supstancija se može opisati svojim magnetskim momentom koji je posledica prisustva Amperovih mikrostrujnih kontura. Makroskopska supstancija se može opisati makroskopskim magnetskim momentom koji je posledica prisustva makroskopskih strujnih kontura. Ovaj makroskopski magnetski moment supstancije se može opisati vektorom koji se naziva **vektor magnetizacije**. Ako je ΔV mala zapremina oko tačke u kojoj se određuje vektor magnetizacije, a $\Delta \boldsymbol{m}$ ukupni magnetski moment mikrostrujnih kontura u toj zapremini, onda je vektor magnetizacije definisan kao granična vrednost količnika $\Delta \boldsymbol{m}/\Delta V$ kada ΔV teži nuli:

$$\boldsymbol{M} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{m}}{\mathrm{d}V}$$

i zove se **vektor magnetizacije**. Ako je u nekoj oblasti vektor magnetizacije jednak nuli, kažemo da u toj oblasti nema magnetizacije. Ako je vektor magnetizacije isti u svim tačkama neke oblasti, kažemo da je magnetizacija homogena. Pretpostavlja se da su kod dijamagnetika i paramagnetika vektori $\boldsymbol{M}$ i $\boldsymbol{B}$ kolinearni ($\boldsymbol{M} \sim \boldsymbol{B}$) i da M linearno raste sa porastom indukcije spoljašnjeg magnetskog polja B, pa su zato te supstancije **linearne i izotropne u magnetskom pogledu**. Kod feromagnetika takva proporcionalnost između $\boldsymbol{M}$ i $\boldsymbol{B}$ ne postoji, pa se feromagnetici ubrajaju u supstancije koje su *magnetski nelinearno i anizotropno*



Sl. 1

Magnetizacija supstancije može biti posledica prisustva Amperovih mikrostrujnih kontura, ali može biti posledica i prisustva makroskopskih strujnih kontura. Ako je ΔV mala zapremina oko tačke u kojoj se određuje vektor magnetizacije, a $\Delta \boldsymbol{m}$ ukupni magnetski moment mikrostrujnih kontura u toj zapremini, onda je vektor magnetizacije definisan kao granična vrednost količnika $\Delta \boldsymbol{m}/\Delta V$ kada ΔV teži nuli: $\boldsymbol{M} = \lim_{\Delta V \to 0} \Delta \boldsymbol{m}/\Delta V$. Zapremina ΔV može biti, na primer, zapremina tankog trakastog cilindra (Δh - visina cilindra, $\Delta \boldsymbol{S}$ - vektor površine osnove cilindra). Amperova mikrostrujna kontura ima magnetski moment $\Delta \boldsymbol{m} = I_A \Delta \boldsymbol{S} = I_A \Delta h \boldsymbol{n}$ ($\Delta m = I_A \Delta S = I_A \Delta h$) i zapremine ΔV, $M \Delta V$ ($M \Delta V = M S \Delta h$) jednaki. Odatle se dobija da je $M = (I_A / \Delta h) n$, tj. $\boldsymbol{M} = M \boldsymbol{n}$, gde je $M = |\boldsymbol{M}| = I_A / \Delta h$.

Posmatrajmo sada proizvoljno usvojenu orijentisanu konturu C u supstanciji gde pored Amperovih mikrostruja I_A postoje i makroskopske konture sa strujama I_k ($k = \overline{1, n}$). Ako se kontura C u lancu zahvataju sa konturom C (sl. 1b)

primeniti Amperov zakon o cirkulaciji vektora B u vakuumu na konturu C i sve struje

,

generalisni Amperov zakon.

Vektor H u prethodnoj relaciji definisan kao $H = B/\mu_0 - M$ zove se *magnetsko polje ili magnetizaciono polje*.