

Aleš Stanovnik, Ustni izpit - Fizika 2

1. Električno polje

- Coulumbov zakon

Sila med dvema točkastima nabojevima, je sorazmerna s produktom velikosti obeh nabojev in obratno sorazmerna s kvadratom razdalje med njima.

$$F_c = K \cdot e_1 \cdot e_2 / r^2 \quad F_c = e_1 \cdot e_2 / 4\pi \epsilon_0 r^2 \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm (V=Nm/As)}$$

Coulumbova ali elektrostatska sila je aditivna. TO pomeni, da je sila na točkast naboj e , enaka vektorski vsoti sil, s katerimi točkasti naboji e_i , iz okolice delujejo na naboj. (slika 1.2)

- Električno polje

Silo s katero točkast naboj e_i , ki se nahaja na mestu (vektor) r_i , deluje na točkast naboj e , ki se nahaja na mestu (vektor) r , lahko zapišemo:

$$(\text{vektor}) F_i = e \cdot (\text{vektor}) E_i(\text{vektor})(r)$$

Jakost električnega polja E , ki ga na mestu (vektor) r ustvari naboj e_i , kot silo na enoto pozitivnega naboja

$$(\text{vektor}) E_i = (\text{vektor}) F_i / e$$

Silnice definiramo kot krivulje, ki povezujejo sosednje točke v smeri električnega polja. Tangente na silnice kažejo smer polja (vektor) E , gostota silnic pa je merilo za jakost električnega polja v dani točki prostora.

Velja (vektor) $E = \sum_i (\text{vektor}) E_i$ Električno polje v dani točki prostora je vektorska vsota el. Polj, ki jih v tej točki prispevajo posamezni točkasti naboji v okolici te točke.

- Električno polje dipola

El. dipol je sistem dveh raznovrstnih in po absolutni vrednosti enakih nabojev na razdalji d . El. polje dipola dobimo s seštevanjem prispevkov pozitivnega in negativnega naboja:
 $(\text{vektor}) E = (\text{vektor}) E^{(+)} + (\text{vektor}) E^{(-)}$

Električni dipolski moment: $p_e = e \cdot d$ (slika!!)

Čeprav nevtralen, ustvari dipol el. polje, ki pa pojema z razdaljo od dipola hitreje kot polje točkastega naboja.

- Elektrostatska potencialna energija

Coulumbova sila je konservativna, kar pomeni, da je delo sile neodvisno od poti med dvema točkama oz. da je delo sile po zaključeni poti enako nič.

Delo elektrostatske sile je enako negativni spremembi elektrostatske potencialne energije.

$$A_c = -\Delta W_c \quad (A_c = -e_1 \cdot e_2 / 4\pi \epsilon_0 * (1/r_b - 1/r_a)) \quad W_c = e_1 \cdot e_2 / 4\pi \epsilon_0 r$$

Elektrostatska pot. Energija ustreza negativnemu delu, ki ga opravi Coul.sila, medtem, ko naboja e_1 in e_2 iz neskončnosti približamo do razdalje r .

- Električni potencial

Potencial je aditiven oz. potencial je na nekem mestu enak vsoti potencialov, ki jih na tistem mestu ustvarijo vsi naboji iz okolice:

$$V(\text{vektor})(r) = \sum_i e_i / 4\pi \epsilon_0 |r - r_i| \quad (\text{oba } r\text{-ja imata vektor})$$

Ekvipotencialne ploskve so ploskve konstantnega potenciala v prostoru (so ploskve konst. potencialne energije danega točkastega naboja v polju ostalih nabojev).

Ekvipotencialne ploskve točkastega naboja so koncentrične krogle s središčem v točkastem naboju. Silnice so vedno pravokotne na ekvipotencialne ploskve.

Potencial dipola:

$$V(r, \vartheta) = p_e \cdot \cos\vartheta / 4\pi \epsilon_0 r^2 \quad (p_e = e \cdot d)$$

- Električna napetost

Električna napetost med dvema točkama v statičnem električnem polju je definirana kot razlika potencialov v teh dveh točkah:

$$U(r_2, r_1) = V(r_2) - V(r_1) \quad (\text{vsi } r\text{-ji imajo vektor})$$

$$U = \Delta V = \Delta W_c / e = -A/e = -1/e \int_{r_1}^{r_2} eE \cdot ds$$

$$\text{Dobimo } U(r_2, r_1) = - \int_{r_1}^{r_2} E \cdot ds \quad (r, E \text{ in } s \text{ imajo vektor})$$

V statičnem polju: $\int E \cdot ds = 0 \rightarrow$ zakon o el. napetosti po zaključeni poti (na \int je krogec)

- Električni pretok (če odvajáš po času dobiš premikalni tok)

Gostota električnega pretoka v praznem prostoru (vektor) D :

$$(\text{vektor})D = \epsilon_0 (\text{vektor})E$$

El. pretok Φ skozi njegovo ploskev S je:

$$\Phi_e = \int D \cdot dS \quad (D \text{ in } S \text{ vektor, pod integralom je } S)$$

Električni pretok skozi neko sklenjeno ploskev, znotraj katere se nahaja naboj e :

$$\int D \cdot dS = \epsilon_0 \int E \cdot dS \cdot \cos\vartheta$$

Zaradi aditivnosti el. polja velja za poljubno število točkastih nabojev znotraj iste sklenjene ploskve:

$$\int D \cdot dS = \sum e_i$$

To je zakon o el. pretoku, znan tudi kot Gaussov zakon, ki pravi, da je el. pretok po sklenjeni ploskvi enak vsoti objetih nabojev.

1. ENAKOMERNO NAELEKTRENA RAVNA PLOSKEV

$$\int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \epsilon_0 \mathbf{E} \cdot 2\mathbf{S} = e \quad (\text{prvi D pa S sta vektor})$$

$$\mathbf{E} = e / 2\epsilon_0 \cdot \mathbf{S} = \sigma / 2 \epsilon_0$$

Pretok skozi obe osnovni ploskvi je enak $\phi_1 = \phi_2 = \epsilon_0 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{S}$

2. DVE NASPROTNO NAELEKTRENI RAVNI PLOSKVI ALI PLOŠČAT KONDI

$$\int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \epsilon_0 \mathbf{S} \cdot \mathbf{E} = e \quad (\text{prvi D pa S sta vektor})$$

$$\mathbf{E} = e / \epsilon_0 \cdot \mathbf{S} = \sigma / \epsilon_0$$

Zunaj kondenzatorja je polje enako nič.

3. VALJAST KONDI ALI KOAKSIALNI VODNIK

$$\int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \epsilon_0 \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \epsilon_0 \mathbf{E} \int d\mathbf{S} = \epsilon_0 \mathbf{E} \cdot 2\pi r \cdot l = e$$

$$\mathbf{E} = e / 2\pi \epsilon_0 r \cdot l = \mu / 2\pi \epsilon_0 r$$

$\mu = e/l \rightarrow$ naboj na enoto dolžine valjastega kondenzatorja

Pretek skozi obe osnovni ploskvi je enak nič, električno polje je povsod pravokotno na površino plašča valja in ima zaradi simetrije na tej površini tudi povsod enako velikost.

4. KROGELNI KONDENZATOR

$$\int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \epsilon_0 \mathbf{E} \cdot 4\pi r^2 = e$$

$$\mathbf{E} = e / 4\pi \epsilon_0 r^2$$

El. polje znotraj krogelnega kondenzatorja je enako polju točkastega naboja v sredini krogle.

- Kapaciteta kondenzatorja

Kapaciteto C definiramo kot sorazmernostni faktor med nabojem e in napetostjo U med dvema elektrodama: $e = C \cdot U$

-Ploščati kondenzator

$$|U| = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{d} = e \cdot d / \epsilon_0 S \quad \text{-----} > \quad C = \epsilon_0 S / d$$

-Valjast kondenzator

$$C = 2\pi \epsilon_0 l / \ln(r_2/r_1)$$

-Krogelni kondenzator

$$C = 4\pi \epsilon_0 \cdot r_1 \cdot r_2 / (r_2 - r_1)$$

- Energija električnega polja

$$W_c = e^2 / 2C = C \cdot U^2 / 2$$

Gostota energije el. polja $w_e = W_c / V$
Prostornina el. polja v kondenzatorju je $V = S \cdot d$
 $w_e = \epsilon_0 E^2 / 2 = D \cdot E / 2$

Osnovni naboj:
 $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

- Električni dipol v zunanjem električnem polju

Električni dipol je sistem dveh raznovrstnih, po absolutni vrednosti enako velikih nabojev v razdalji d . Električni dipolski moment (vektor) p_e , je vektor katerega veliksot je enaka $p_e = e \cdot d$, kaže pa v smer od negativnega proti pozitivnemu naboju.

Energija dipola v zunanjem el. polju je enaka vsoti energij pozitivnega in negativnega naboja v zunanjem potencialu:

$$W_{pe} = eV_+ - eV_- = eU = -e \int E ds \quad (E \text{ pa } ds \text{ imata vektor}) = -eE \cdot d \quad (E \text{ in } d \text{ imata vektor})$$

$$W_{pe} = -p_e \cdot E \quad (p \text{ in } E \text{ mata vektor})$$

$$W_{pe} = -p_e E = -p_e E \cos \vartheta$$

Navor na dipol je: **(slika!!!)**

$$M = d/2 F_+ \cdot \sin \vartheta + d/2 F_- \cdot \sin \vartheta = d \cdot e \cdot E \cdot \sin \vartheta$$

$$M = p_e \times E \quad (\text{vsi imajo vektor})$$

- Snov v električnem polju (preberi si v knjigi)

Dielektrik

Električno polje v dielektriku

Robni pogoji

Prevodnik v električnem polju

Nevtralen prevodnik

Naelektren prevodnik

2. Električni tok

Preber si.....

3. Magnetno polje

- Definicija magnetnega polja

Sila na naboj, ki se giblje v magnetnem polju, je pravokotna na smer hitrosti ter da je sorazmerna z velikostjo hitrosti in velikostjo naboja. Gostota magnetnega polja B :

$$F = ev \times B \quad (F, v \text{ in } B \text{ imajo vektor})$$

Smer magnetnega polja je enaka smeri, v katero kaže magnetnica v magnetnem polju. Enote za gostoto polja so $N/(As \cdot m/s) = Vs/m^2$, $1 T = Vs/m^2$, $1G = 10^{-4} T$

S klasičnimi elektromagneti dosežemo magnetna polja okrog 1T, s superprevodnimi magneti približno 10T, magnetno polje na površini Zemlje pa je reda velikosti 1G.

Magnetna sila na gibajoč naboj se uporablja za odklanjanje curkov elektronov v televizijskih sprejemnikih in računalniških monitorjih.

Na naboj, ki se giblje v magnetnem polju, torej deluje sila pravokotno na smer gibanja, zato ne opravlja dela. Če je hitrost naboja pravokotna na smer magnetnega polja in je polje homogeno, se bo naboj gibal po krožnici. V splošnem se naboji v mag.polju gibljejo po vijačnici.

- Sila na vodnik v magnetnem polju

Sila, s katero magnetno polje deluje na nosilce električnega toka, se prenese na vodnik.

$dF = I \cdot dl \times B$ (F, l in B imajo vektor), pri čemer je dl odsek vodnika v smeri toka, dF pa sila na ta odsek. Če je vodnik raven in polje homogeno, sledi odtod:

$$F = I \cdot l \times B \quad (F, l \text{ in } B \text{ imajo vektor}).$$

Upoštevajmo $I = j \cdot S$ in $S \cdot dl = dV$,
pa dobimo za gostoto sile $dF/dV = f = j \times B$ (F, f, j, B -vektor)

- Navor na tokovno zanko(slika!)

Vzemimo pravokotno zanko s stranicama a in b , skozi katero teče tok I in se nahaja v homogenem magnetnem polju, ki je pravokotno na os zanke. Če je magnetno polje tudi pravokotno na ravnino zanke, lahko hitro ugotovimo, da so sile $F = I \cdot l \times B$ na nasprotni stranici nasprotno enake, ter da je vsota navorov vseh sil glede na os zanke enaka nič. Če zanko zavrtimo za $\pi/2$ bo mag.polje v ravnini zanke.

Ko pa je zanka v položaju, da pravokotnica na zanko tvori ϑ s smerjo polja B dobimo za navor:

$$M = I \cdot S \cdot B \cdot \sin \vartheta$$

Magnetni moment tokovne zanke (vektor) p_m kot vektor, katerega velikost je $p_m = I \cdot S$ njegova smer pa je pravokotna na površino zanke in je določena s pravilom desnega vijaka. Ko desni vijak vrtimo v smeri toka bi se premikal v smeri magnetnega momenta (slika 3.4.a)

Navor na tokovno zanko lahko torej zapišemo kot:

$$(vse vektor) M = p_m \times B, \text{ kjer je } p_m = I \cdot S \quad (p_m, S \text{ vektor}) \text{ (za tuljavo z ovoji } p_m = N \cdot I \cdot S)$$

Izraz za navor je telo podoben izrazu za navor na el.dipol v el.polju: $M = p_e \times E$ (vse vektor).

- Magnetni dipol(slika!)

Delo, ki ga opravi magnetno polje pri zasuku dipola, je $A = - \int M \cdot d\vartheta$. Delo navora magnetnega polja je tako pozitivno, ko se kot ϑ med dipolom in poljem manjša.

Ker je $M = p_m \cdot B \cdot \sin \vartheta$, dobimo:

$$A = - (\text{od } \vartheta_1 \text{ do } \vartheta_2) \int p_m \cdot B \cdot \sin\vartheta \cdot d\vartheta = p_m \cdot B \cdot \cos\vartheta_2 - p_m \cdot B \cdot \cos\vartheta_1$$

Od tod sledi, da lahko definiramo energijo magnetnega dipola v polju:

$$W_{pm} = - p_m \cdot B \cdot \cos\vartheta = (\text{oboje vektorski zapis}) - p_m \cdot B$$

- **Zakon o magnetnem pretoku** (če odvajáš po času dobiš inducirano napetost) (slika!)

Če razdeliš magnetni dipol oz. magnet na 2 dela ali na več delov, dobiš 2 nova oz. več dipolov, ki imajo spet severni (N) ter južni pol (S). Razbijaš ga lahko tako dolgo dokler ne prideš do atoma, to je pa elementarni dipol.

Imamo torej le magnetne dipole, katerih magnetne silnice so sklenjene krivulje.

Magnetni pretok:

$$\Phi_m = \int B \cdot dS \quad (B, dS \text{ vektor, pod } \int \text{ je } S)$$

Ker magnetnih nabojev ni, so magnetne silnice sklenjene krivulje. Zato je magnetni pretok skozi sklenjeno površino enak nič.

$$\int B \cdot dS = 0 \quad (B, dS \text{ vektor, v } \int \text{ je krogec kot sklenjena površina}).$$

Magnetni pretok, ki izhaja iz neke prostornine, omejene s sklenjeno površino S, je enak pretoku, ki se v to prostornino steka. To spoznanje imenujemo zakon o mag.pretoku.

- **Biot-Savartov zakon** (slika na strani 66!!!)

Za izračun mag.polja, ki ga povzroča vodnik, po katerem teče tok I, velja:

$$dB = \mu_0 \cdot I / 4\pi \cdot r \times dl / r^3 \quad (dB, r, dl \text{ vektor})$$

dB je prispevek k mag.polju, ki ga v izhodišču opazovalnega sistema ustvari odsek vodnika dl, po katerem teče tok I in se nahaja na mestu r. Konstanta μ_0 se imenuje indukcijska konstanta in je določena z definicijo enota za tok. Enota za μ_0 je Vs/Am

- **Magnetno polje točkastega naboja**

$$B = v \times E / c^2 \quad (B, v, E - \text{vektor})$$

- **Magnetno polje ravnega vodnika**

$$B = \mu_0 \cdot I / 2 \pi a$$

Silnice mag.polja ravnega vodnika so tako krožnice s smerjo, podano po pravilu desnega vijaka. (SLIKA 3.13 str.67)

- **Zakon o magnetni napetosti**

Vpeljemo jakost mag.polja H z enačbo $B = \mu_0 \cdot H$ in dobimo Amperov zakon:

$$\int H \cdot ds = I \quad (\int \text{ ima krogec, H in ds vektor})$$

Izraz $\int \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s}$ je podoben izrazu za el. napetost zato ga imenujemo mag. napetost.

Amperov zakon torej pravi, da je mag.napetost po zaključeni poti enaka objetemu toku. Magnetna napetost po sklenjeni krivuljo je enaka vsoti tokov, ki prebadajo poljubno ploskev, omejeno s to krivuljo.

S tokom polnimo kondenzator, in pri isti mag.napetosti obstajata dve ploskvi; eno prebada tok, drugo pa ne. Vpeljemo premikalni tok!

$$I = de/dt = C \cdot dU/dt = \dots = d\Phi_e/dt$$

Splošneje:

$$I_p = d/dt \int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} \quad (\text{pod } \int \text{ je } S, \text{ in } \mathbf{D}, d\mathbf{S} \text{ –vektor})$$

Če v Amperovem zakonu na desni strani enačbe upoštevamo še premikalni tok se zakon o mag.napetosti glasi:

$$(\text{krogec}) \int \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s} = \sum I_i + d/dt \int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S}$$

Magnetna napetost po sklenjeni krivulji je enaka vsoti tokov(vključno s premikalnim tokom), ki prebadajo poljubno ploskev, omejeno s to sklenjeno krivuljo. Pozitivna smer integracije po krivulji je povezana s pozitivno smerjo ploskve s pravilom desnega vijaka.

1. POLJE V DOLGI TULJAVI

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot I / l$$

2. POLJE V SVITKU(silnice polja so koncentrični krogi)

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot I / 2 \pi r$$

- Indukcija

Inducirana napetost je na preprost način povezana s spremembi mag.pretoka $\Phi_m = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$ skozi sklenjeno zanko:

$$U_i = d\Phi_m / dt$$

Lenzovo pravilo pravi, da inducirana napetost požene tok tako, da nasprotuje spremembi, ki je in indukcijo povzročila. Drugače povedano: inducirana napetost nasprotuje vzroku svojega nastanka.

- Inducirana napetost pri premikanju vodnika

Na zanko pravokotne oblike, katere del se nahaja v homogenem magnetnem polju B , deluje zunanja sila F_z tako, da se magnetni pretok skozi zanko zmanjšuje.

Če smeri vodnika, hitrosti in mag.polja niso med seboj pravokotne velja:

$$U_i = l \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (l, \mathbf{v}, \mathbf{B} \text{ vektor})$$

Inducirana napetost požene tok po zanki. Na vodnik s tokom \mathbf{v} v mag. polju pa deluje sila $\mathbf{F} = I \cdot \mathbf{l} \times \mathbf{B}$. Ne glede na smer toka bosta sili na odseka dolžine x nasprotno enaki. Po Lenzovem pravilu pa mora sila \mathbf{F} na odsek dolžine l nasprotovati zunanji sili \mathbf{F}_z , ki je povzročila indukcijo.

- Zakon o električni napetosti

Indukcijski zakon smo zapisali kot $U_i = d\Phi_m / dt$, magnetni pretok kot $\Phi_m = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$ in inducirano napetost povežemo s poljem \mathbf{E}_i po enačbi $U_i = - \int \mathbf{E}_i \cdot d\mathbf{s}$

Indukcijski zakon lahko nato drugače zapišemo, in enačba v tej obliki se imenuje zakon o električni napetosti ali Faradayev zakon.

$$\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - d/dt \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \quad (\mathbf{E}, d\mathbf{s}, \mathbf{B}, d\mathbf{S} \text{ vektor})$$

- Induktivnost

$$\Phi_m = L \cdot I$$

Tok skozi eno tuljavo povzroča magnetni pretok skozi drugo bližnjo tuljavo.

$$\Phi_1 = L_{12} \cdot I_1 \quad \text{in} \quad \Phi_2 = L_{21} \cdot I_1$$

Vzajemni induktivnosti sta enaki: $L_{12} = L_{21}$

1. DOLGA RAVNA TULJAVA

Pretok skozi tuljavo z N ovoji je enak N -kratnemu pretoku skozi en ovoj $\Phi_m = N \cdot B \cdot S$
Z uporabo Amperovega zakona smo dobili polje v dolgi ravni tuljavi:

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot I / l$$

$$L = \mu_0 \cdot N^2 \cdot S / l$$

2. SVITEK S PRAVOKOTNIMI OVOJI

Za svitek dobimo $B = \mu_0 \cdot N \cdot I / 2\pi r$

$$L = \mu_0 \cdot N^2 \cdot h \ln(b/a) / 2\pi$$

3. KOAKSIALNI VODNIK

$$B = \mu_0 I / 2\pi r$$

$$L = \mu_0 \cdot I \ln(b/a) / 2\pi$$

- Energija magnetnega polja

Energija induktivnega elementa L :

$$W_L = L \cdot I^2 / 2 = V \cdot B^2 / 2 \mu_0 \quad \text{in} \quad \text{dobimo} \quad A_{\text{gen}} = \Delta W_L$$

Gostota energije mag. polja je:

$$W_m = W_L / V = B^2 / 2 \mu_0 = H \cdot B / 2$$

- Peramagnetizem(snov v mag.polju)

Vsa snov je sestavljena iz atomov, ki pa so sestavljeni iz pozitivno naelektrenega jedra (pozitivni protoni in nevtralni nevtroni), okoli katerega se gibajo negativno naelektreni elektroni.

Magnetni moment:
$$p_m = I \cdot S = (e_0 / t_0) \cdot \pi r^2 = e_0 \cdot \Gamma / 2m$$

kjer je Γ vrtilna količina elektrona.

Če je vsota vseh magnetnih momentov v atomu različna od nič, ima atom trajen magnetni dipolni moment. V zunanjem magnetnem polju deluje na ta magnetni moment navor, ki ga teži obrniti v smer polja. Popolni usmerjenosti dipolov v snovi pa nasprotuje termično gibanje atomov.

Za paramagnetne snovi pri sobni temperaturi velja, da je stopnja usmerjenosti približno enaka razmerju energije dipola v zunanjem magnetnem polju in termične energije: $p_m B / 3kT$

Povprečni magnetni dipolni moment v smeri polje je enak:

$$\langle p_m \rangle = p_m \cdot p_m B / 3kT$$

Magnetizacijo snovi M definiramo z magnetnim momentom prostorninske enote:

$M = n \cdot \langle p_m \rangle$, kjer je n število atomov v prostorninski enoti. Sorazmernost magnetizacije in obratne vrednosti abs. temperature imenujemo Curiejev zakon. Navor na magnetni dipol atoma v snovi je pravzaprav odvisen od magnetnega polja na mestu atoma.

Magnetna susceptibilnost:

$$X = n \cdot p_m^2 \cdot \mu_0 / 3kT$$

Magnetizacija paramagnetne snovi je obrnjena v smeri mag. polja, zato bo košček paramagnetika v nehomogenem polju vleklo proti močnejšem polju, kajti tam je energija manjša: $W = - p_m \cdot B$

- Diamagnetizem(snov v mag.polju)

(slika 3.38 ! – str. 94)

Atomi diamagnetnih snovi nimajo trajnega magnetnega dipola momenta, ker so magnetni momenti elektronov paroma nasprotni. Ko pa takšno snov postavimo v zunanje magnetno polje, se inducira magnetni moment, ki je po Lenzovem pravilu usmerjen nasprotno kot magnetno polje.

V poenostavljenem modelu si predstavljamo dva elektrona, ki krožita v nasprotnih smereh. Sprememba mag. pretoka skozi zanko povzroči inducirano električno polje, ki enemu elektronu zveča, drugemu pa zmanjša hitrost. Kljub spremembi hitrosti ostaneta elektrona pri istem radiu, za kar poskrbi sila magnetnega polja. Magnetni moment zato nista več nasprotno enaka in njuna razlika predstavlja inducirani magnetni moment:

$$p_i = 2 \Delta p_m = (e_0 \cdot R)^2 \cdot B / 2m$$

Magnetizacija:

$$M = - n \cdot p_i = - n \cdot e_0^2 \cdot R^2 \cdot B / 2m$$

Susceptibilnost $X = - \mu_0 \cdot n \cdot e_0 \cdot R^2 \cdot B / 2m$

Košček diamagnetika v nehomogenem zunanem polju bo zato vleklo v smeri šibkejšega pola, ker je tam energija manjša ($W = p_m \cdot B$)

Pojav diamagnetizma bo prisoten pri vseh snoveh s tem, da je pri paramagnetnih snoveh prispevek zaradi orientacije magnetnih dipolov nasprotno usmerjen in večji od prispevka induciranih magnetnih momentov.

Fenomenološko se pojav magnetizacije opiše s permeabilnostjo μ .

Povprečna magnetna poljska gostota B v snovi je vsota prispevka zunanjega polja $\mu_0 \cdot H$ in prispevka magnetizacije $B_M = \mu_0 \cdot M$

Celotno polje v snovi je: $B = \mu_0 \cdot H + \mu_0 \cdot M$

Magnetizacijo zapišemo s susceptibilnostjo $M = X \cdot H$ in dobimo $B = \mu_0 \cdot (1 + X) \cdot H$

Z definicijo permeabilnosti $\mu = 1 + X$ in dobimo $B = \mu \mu_0 \cdot H$

Za paramagnetike je $\mu > 1$, ker je $X > 0$, za diamagnetike pa je $\mu < 1$, ker je $X < 0$

- Feromagnetizem(snov v mag.polju)

Pri nekaterih snoveh se lahko pojavi zelo močna usmerjenost atomskih trajnih magnetnih dipolov. Pri temperaturah, ki so pod določeno vrednostjo (Curiejeva temp. T_c), pride do spontane magnetizacije, ki je posledica posebno močne interakcije med sosednjimi atomi. Kljub termični interakciji so skoraj vsi magnetni dipoli v določenem mikroskopskem področju usmerjeni vzporedno.

Odvisnost gostote magnetnega polja B v feromagnetni snovi od jakosti zunanjega polja H izmerimo na enak način kot za diamagnetne ali paramagnetne snovi. Pri tem dobimo t.i. magnetno krivuljo in ugotovimo, da se magnetno polje v feromagnetni snovi močno ojači ter da odvisnost notranjega magnetnega polja od zunanjega polja ni linearna. Zaradi nelinearne zveze med B in H je permeabilnost μ odvisna od zunanjega polja H .

Povprečna permeabilnost: (vektor) $\mu(H) = B / \mu_0 \cdot H$

je mnogo večja kot pri diamagnetnih ali paramagnetnih snoveh. Definiramo lahko tudi diferencialno permeabilnost:

$\mu_d(H) = 1 / \mu_0 \cdot dB/dH$, ki ima pri manjših H zelo veliko vrednost, v področju nasičenja pa je blizu vrednosti 1.

TREBA SE PREDELAT:

-Sonce in njegova energija (od kje jo ima toliko, koliko jo pride do Zemlje,...) (str.113)

-Jedrska fizika (str.193)

-Paulijeva načela (str.183)

-Fotoefekt - enacba za energijo fotona.... (stran 172 – FOTONI)

BY ATKO

