

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT TO'QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT
INSTITUTI**

«Fisika va elektrotexnika» kafedrası

REFERAT

Mavzu: Elektron va atomning magnit momentlari.

Bajardi: Abdullayev Sh. 1a-13 guruh talabasi

Qabul qildi: dots. X.Isayev

Toshkent-2014

Elektron va atomning magnit momentlari.

Reja:

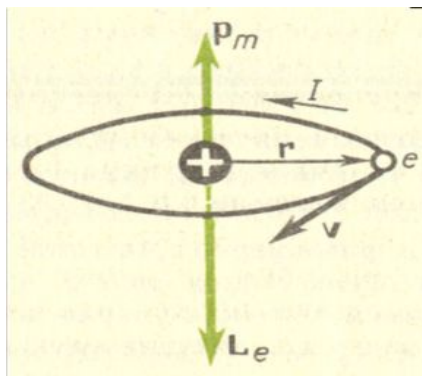
- Kirish.
- Elektron va atomning magnit momentlari.
- Magnitlanganlik. Moddadagi magnit maydon.
- Diamagnetizm va paramagnetizm.
- Ferromagnetiklar va ularning xossalari
- Magnit gisterezisi. Kyuri nuqtasi
- Ferromagnetizmning tabiati
- Ferritlar

Tajribalar va nazariyaning ko'rsatishiga, magnit maydonga joylashtirilgan barcha moddalar magnit xossalariga ega bo'lib qolishadi, ya'ni magnitlanadi. Amper gipotezasidan foydalanib, bu hodisaning sababini o'rganib chiqamiz. Ma'lumki, moddalar atom va molekulalardan tashkil topadi. Klassik nazariyaga ko'ra atom musbat zaryadlangan yadro va uning atrofida berk orbitalar bo'ylab $10^{15} \text{ aйл} / \text{c}$ chastotali burchak tezlik bilan harakat qiluvchi elektronlardan tashkil topgan tizimdir. Elektronning orbital harakatini doiraviy tokka o'xshatish mumkin. Shu sababdan u **orbital magnit momentiga** ega bo'ladi:

$$P_m = IS = e\nu S = e \cdot \frac{\omega}{2\pi} \cdot \pi r^2 = \frac{e\omega r^2}{2} \quad (1)$$

bunda $I = e\nu$ - tok kuchi bo'lib, u elektron harakatiga teskari yo'nalishda o'tadi. ν - elektronning r -radiusli orbitadagi chastotasi, S - esa orbita yuzasi. r -radiusli orbita bo'ylab ϑ - tezlik bilan harakat qilayotgan m - massali elektron qiymati:

$L_e = m\vartheta r = m\omega r^2$ ga teng bo'lgan **orbital mexanik momentga** ham ega bo'ladi.



1-rasm

$\vec{P}_m$ va $\vec{L}_e$ yo'nalishlari o'zaro taskari ekanligi 1-rasmdan ko'rinib turibdi.

Bu ikki vektor orasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

$\vec{P}_m = -\frac{e}{2m} L_e = g L_e$ bunda $-\frac{e}{2m} = g$ **elektronning orbital giromagnit nisbati** deyiladi. Garchi

r va ϑ ning qiymati turli orbitalar uchun turlicha bo'lsada, lekin g - hamma eliptik va barcha orbitalar uchun ham doimiy miqdor hisoblanadi. Olimlar D.YU.Ulenbek va G.Gaudslit elektron, orbital mexanik va magnit momentlari bilan bir qatorda **xususiy mexanik momenti-spin** L_{es} ga ham ega, degan fikrni ilgari surishdi. Chunki A.Eyn'shteyn va de-Xaaza o'tkazgan

tajribalarda olingan magnitomexanik nisbat (3)-formuladagiga qaraganda 2 marta katta ekanligi ma'lum bo'ldi.

Elektron spinining absolyut qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$L_{es} = \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar \text{ bunda } \hbar = h/(2\pi) = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Ж} \cdot \text{с}$$

h -Plank doimiysi.

Albatta elektron spinga mos ravishmda **xususiy magnit momenti** (odatda, **spin magnit momenti** deb yurgiziladi) ga ham ega bo'ladi:

$P_{ms} = \sqrt{3} \frac{e\hbar}{2m} = \sqrt{3} \mu_B$. Bunda $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m} = 0,927 \cdot 10^{-34} \text{ Ж} / \text{T}$ **Bor magnetoni** deb ataladi. U *elektron magnit momentining birligi xisoblanadi*. Elektronning spin giromagnit nisbati $g_s = P_{ms} / L_{es} = e/m$ orbital giromagnit nisbatdan 2 marta katta ekanligi kelib chiqadi. $P_{ms} = g_s L_{es}$

Har bir elektron (shuningdek boshqa turdagi mikrozarra) erkin yoki bog'langan

bo'lishidan qa'tiy nazar massa, zaryad bilan bir qatorda xususiy mexanik va magnit momentiga ega.

Binobarin, spin elektronning zaryadi, massasi kabi uning ajralmas fundamental xususiyatidir.

Elektron spinining ajoyib xususiyati shundan iboratki, u magnit maydonida faqat ikki yo'nalishga ega bo'ladi:

- Magnit induksiya vektori $\vec{B}$ ga parallel. Bu holda spin va spin magnit momenlarining $\vec{B}$ yo'nalishlariga proektsiyalari mos ravishda $L_{e,s} = +\frac{1}{2} \hbar$; $P_{ms,B} = -\mu_B$, $P_{ms,B} = \mu_B$ qiymatlarga ega bo'ladi
- Magnit induksiya vektori V ga antiparallel: $L_{e,s,B} = -\frac{1}{2} \hbar$; $P_{ms,B} = +\mu_B$.

Atom yadrosi tarkibidagi proton va neytronlarning magnit momentlari elektronning spin magnit momentidan taxminan 2000 marta kichik bo'lgani uchun, atomning magnit momentini asosan atom tarkibidagi elektronlarning orbital va spin magnit momentlarining vektor yig'indisidan iborat deb hisoblash mumkin, ya'ni $P_a = \sum \vec{P}_m + \sum \vec{P}_{ms}$

Magnitlanganlik. Moddadagi magnit maydon.

Tashqi magnit maydon ta'siriga uchramagan magnetik atomlarning magnit momentlari tartibsiz yo'налganligi sababli natijaviy magnit momenti 0 ga teng bo'ladi. Tashqi maydon ta'sirida magnetiklar turlicha magnitlanadilar. Magnetiklarning magnitlanganlik darajasini belgilash uchun **magnitlanish vektori** $\vec{I}$ dan foydalaniladi. (Bu birlik hajmdagi magnetikning magnit momentini aniqlovchi vektor kattalik): $\vec{j} = \vec{P}_m / V = \sum \vec{P} / V$ bunda $[j] = \frac{A}{\mathcal{M}}$ Agar induksiya V

bo'lgan tashqi maydonga kiritilgan modda magnitlanib, $\vec{B}$ xususiy magnit induksiya hosil qilsa, yakuniy maydon quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}^1 \text{ bunda } \vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H} \text{ va } \vec{B}^1 = \mu_0 \vec{j} \text{ ekanligini e'tiborga olsak: } \vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{j}$$

yoki $\frac{\vec{B}}{\mu_0} = \vec{H} + \vec{j}$. Tajribalarning ko'rsatishicha, kuchsiz maydonlar uchun magnitlanganlik-shu magnitlanganlikni hosil qiluvchi maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni:

$\vec{j} = \chi \vec{H}$ bunda χ -o'lchamsiz kattalik bo'lib, uni **magnit qabul qiluvchanlik** deyiladi. YUqoridagilarni ixchamlab, quyidagini hosil qilamiz: $\vec{B} = \mu_0(1 + \chi)\vec{H}$ bundan:

$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0(1 + \chi)} = \frac{\vec{B}}{\mu_0\mu}$ $\mu = 1 + \chi$ muhitning magnit singdiruvchanligi deyiladi. U o'lchamsiz kattalik hisoblanadi.

Moddada magnit maydon uchun to'liq tok qonuni ($\vec{B}$ vektor tsirikulyatsiyasi haqidagi teorema) quyidagicha ifodalanadi: $\oint \vec{B} dl = \oint \vec{B}_e dl = \mu_0(I + I^1)$ bunda I va I^1 mos holda ixtiyoriy L berk kontur bilan chegaralangan makrotok (o'tkazuvchanlik toki) va mikro tok (molekulyar tok)larning algebraik yig'indisi.

Agar $\oint \vec{j} d\vec{e} = I$ ekanligini e'tiborga olsak:

$$\oint \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{j} \right) dl = \oint \vec{H} dl = I$$

ekanligi ma'lum bo'ladi. Bu ifoda $\vec{H}$ -vektorining tsirkulyatsiyasi haqidagi teoremani ifodalaydi. Barcha magnetiklar o'zlarining magnit qabul qiluvchanliklarning ishorasi va qiymatlariga qarab uch sinfga bo'linadi:

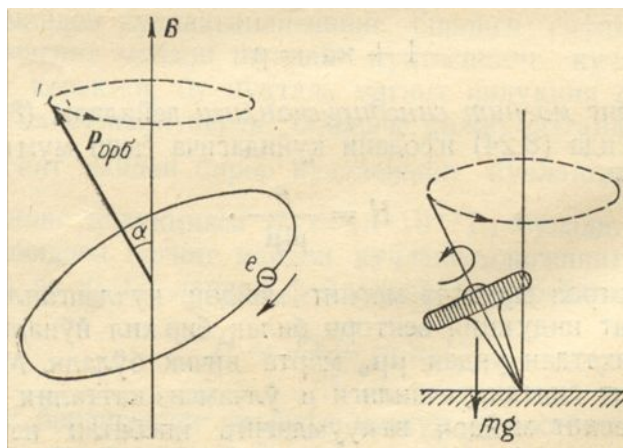
- Diamagnetiklarda $\chi < 0$ bo'ladi. Bu sinfga oid bo'lgan moddalar (fosfor, oltingugurt, sur'ma, uglerod, simob, oltin, kumush, mis kabi elementlar suv va ko'pchilik organik birikmalar)da magnit maydon bir oz susayadi ($\mu = 1 + \chi < 1$).
- Paramagnetiklarda $\chi > 0$ bo'ladi. Bu sinfga kiruvchi kislorod, azot, alyuminiy, platina, vol'fram kabi elementlarda magnit maydon bir oz kuchayadi. ($\mu = 1 + \chi > 1$)
- Ferromagnetiklarda $\chi \gg 0$ bo'ladi. Bu sinfga kiruvchi temir, nikel', kobal't kabi metallarda va ularning qotishmalarida magnit maydon juda zo'rayib ketadi.

Dinamagnetizm va paramagnetizm.

Tashqi magnit maydon ta'siri ostida atomning elektron orbitalari aylanma tokka ekvivalent bo'luvchi pretsessin harakat sodir qiladi. Chunki induksiya vektori orbita tekisligiga nisbatan pastga yoki yuqoriga yo'nalishidan qat'iy nazar, elektronning orbital harakatida $F = m_e \omega_0^2 r$ bilan aniqlanadigan chastota o'zgarishi sodir bo'ladi. Agar elektronning orbital magnit moment vektori $\vec{P}_m$ tashqi magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ bilan α burchak hosil qilsa, orbita bo'ylab harakat qilayotgan elektronga qiymati $M = P_m B \sin \alpha$ bo'lgan aylantiruvchi moment ta'sir etadi. Natijada $\vec{P}_m$ vektorning $\vec{B}$ atrofida protsession harakati vujudga keladi. Bu harakatning burchak tezligi **Larmor chastotasi** deyiladi.

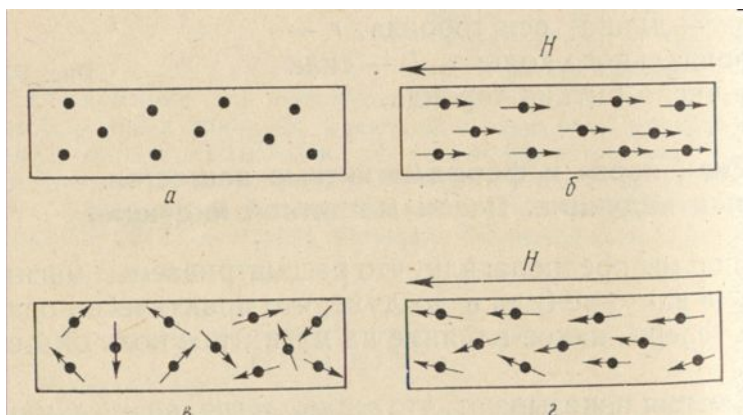
$$\omega_L = \frac{eB}{2m_e} = \frac{e\mu_0 H}{2m_e}$$

Demak, elektronning magnit momenti fazoda qanday joylashishidan qat'iy nazar, tashqi magnit maydon ta'sirida elektronning orbital magnit momenti yadro markazidan o'tgan o'qqa nisbatan ω_L -doiraviy chastota bilan protsession harakat qiladi. Bu xulosa **Larmor teoremasi** deb ataladi.



2-rasm

Elektronning harakati tufayli hosil bo'luvchi mikro tok tashqi magnit maydonining ta'sirida induktsiyalangani sababli, Lents qoidasiga binoan amalda tashqi maydonga qarama-qarshi yo'naladigan maydon paydo bo'ladi. Shu tariqa orbita bo'ylab harakat qilayotgan elektron tashqi magnit maydon ta'sirida $\vec{B}$ vektorga teskari yo'nalgan qo'shimcha magnit momentini vujudga keltiradi (3-rasm).



3-rasm

Bu xodisa **diamagnit effekt** deb ataladi. Diamagnit effekt atomlarining magnit momentlari 0 ga teng bo'lgan moddalarda namoyon bo'ladi. Tashqi magnit maydoni bo'lmagan taqdirda bunday moddalar atomlari tarkibidagi elektronlarning magnit momentlari o'zaro bir-birini kompensatsiyalaydi. Bunday moddalarning qabul qiluvchanligi manfiy bo'ladi. Ularni **diamagnetiklar** deb aytiladi. Eng kuchli diamagnetik xisoblangan vismut uchun $\chi = 1,4 \cdot 10^{-6}$ ga teng.

Tashqi maydon bo'lmagan taqdirda modda atomlarining magnit momenti 0 dan farqli bo'lsa, magnit maydon bunday modda atomlarining magnit momentlarini maydon bo'ylab yo'naltirishga harakat qiladi. Natijada tashqi magnit maydoni kuchayadi. Bu hodisani **paramagnit effekt** unga mos keluvchi moddalarni esa **paramagnetiklar** deb ataladi.

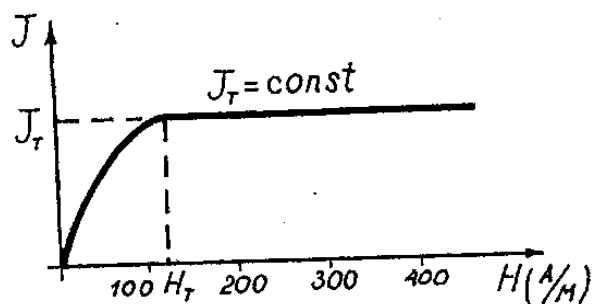
Paramagnetiklar magnit qabul qiluvchanligining temperaturaga bog'liqligi Kyuri qonuni deb ataluvchi quyidagi formula bilan ifodalanadi: $\chi = \frac{C}{T}$ bunda S-ayni modda uchun konstanta bo'lib, uni **Kyuri doimiysi** deyiladi. Temperatura oshsa, magnitlanish kamayadi, lekin juda past temperaturalarda Kyuri qonunidan chetlashishi kuzatilishini esda tutmoq lozim. YUqoridagilarni quyidagicha xulosalash mumkin:

- Diamagnetizm barcha jismlarga birday taalluqli xususiyat hisoblanadi, chunki u tashqi magnit maydonining modda atom va molekullardagi elektron orbitalashga ta'sirini namoyon qiladi.
- Orbitalardagi elektron harakat tezligining o'zgarishi oqibatida tashqi maydonga teskari yo'nalib, uni susaytiradigan qo'shimcha magnit maydoni hosil bo'ladi (Lents qonuni). Shunday qilib, har qanday modda uning ichiga magnit maydoni kirib kelishiga to'sqinlik qiladi.
- Diamagnit effekt orbitalar joylashuvining tartiblanishi bilan bog'liq emas. Shuning uchun daimagnit qabul qiluvchanlik χ temperaturaga farqsiz.
- Moddaning atom va molekullari xususiy magnit momentiga ega bo'lmagan taqdirdagina u diamagnit bo'la oladi. Bu holda moddaning unga ta'sir qiluvchi tashqi magnit maydoniga ko'rsatadigan birdan-bir reaksiyasi faqat diamagnit effektidan iborat bo'ladi.

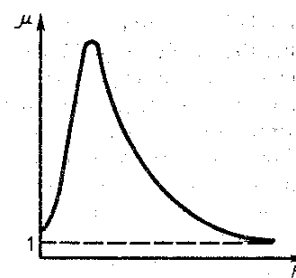
Ferromagnetiklar. Magnit gisterezisi. Kyuri nuqtasi.

Tashqi magnit maydoni bo'lmagan holda ham o'z-o'zidan (spontan tarzda) kuchli magnitlanuvchi moddalarni **ferromagnetiklar** deb ataladi. Temir, kobal't, nikel', gadoliniiy hamda uning qotishmalari va ximiyaviy birikmalari ferromagnetiklar turkumiga kiradi. Ularning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

1. Dia va paramagnetiklarda $\vec{j}$ va $\vec{H}$ orasidagi bog'lanish chiziqli, lekin ferromagnetiklarda murakkab tabiatga ega. Bu ularning kuchsiz maydonlarda ham to'yinishgacha magnitlanishi bilan bog'liq. 1- rasmda temir uchun $j = f(H)$ bog'lanish diagrammasi keltirilgan.



1-rasm



2-rasm

Grafikdan ravshanki, kuchsiz magnit maydonda temirning magnitlanishi tik egri chiziq bo'yicha ortib, keyin magnitlanish egri chizig'ning tikligi bir oz kamayadi. Magnit maydon kuchlanganligi taxminan $100 \frac{A}{M}$ dan o'tgach $j = const = j_T$ (to'yinish) holatiga erishadi. Bu paytda moddadagi barcha molekullarning magnit momentlari maydon bo'ylab yo'nalish olish (orientatsiyalanish)ga ulguradi.

2. Ferromagnetiklar μ juda katta qiymat (masalan temir uchun 5000, supermolli qotishmasi uchun esa 800 000)ga ega bo'lib, u $\vec{H}$ bog'liq tarzda oshib boradi. (2 rasm)

μ dastlab N ortishi bilan o'sadi, keyin maksimal qimmatga erishgach keskin kamayadi. Kuchli maydonlarda uning qiymati 1 ni tashkil etadi. Chunki $\mu = \frac{B}{(\mu_0 H)} = 1 + \frac{j}{H}$ $j = j_T = const$ holida N ortsa $\frac{j}{H} \rightarrow 0$ va buning oqibatida $\mu \rightarrow 1 (\chi \rightarrow 0)$ natijaga kelimiz.

3. Ferromagnetiklarning yana bir xususiyati ularning tashqi magnit maydon (masalan, temir o'zakning tokli solenoid ichiga kiritish) ta'sirida magnitlanib qolishidir. Bunda ferromagnit jism uni magnitlovchi maydon hududidan chiqarilgandan so'ng ham o'zining magnitlanganlik (qoldiq magnetizm, doimiy magnit) holatini saqlaydi.

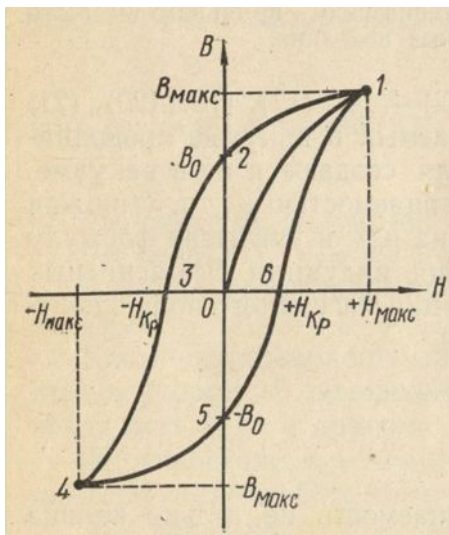
4. Ferromagnit jismlar magnitlanish va magnitsizlanish jarayonida o'z

geometrik o'lchamlarini o'zgartiradilar. Bu hodisani **manitostriktsiya** deb ataladi. Jism uzunligining tashqi maydon yo'nalishidagi nisbiy o'zgarishi magnitlanganlik kvadratiga proporsional bo'ladi:

$$\Delta l/l = \alpha j^2$$

Magnitostriktsiya (shuningdek elektrostriktsiya ham) ul'tratovush hosil qilish va uni o'lchashda foydalaniladi.

Ferromagnit jismlarning magnitlanishi, magnitsizlanishi qayta magnitlanish jarayonlarini kuzatib beshinchi xususiyatni aniqlaymiz.



3-rasm

5. Ferromagnitdagi magnit maydon induktsiyasining tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liq ravishda o'zgarishi 0-1 egri chizig'i bo'ylab sodir bo'ladi. N ni kamaytirsak V ning qiymati 1-0 chiziq bo'ylab emas, balki 1-2 chiziq bo'ylab kamayadi. $N=0$ bo'lganda xam ferromagnitdagi magnit maydon yo'qolmaydi. 0-2 bilan ifodalanuvchi va V_0 ga mos keluvchi qoldiq induktsiya saqlanib qoladi. Bu qiymatni odatda **qoldiq magnitlanish** deb ham ataladi. U 0-3 ga mos keluvchi $N=-N_{kr}$ qiymatga borganda yo'qoladi. N_{kr} ning qiymati **koertsitiv kuch** deyiladi. Teskari yo'nalishdagi magnitlovchi maydon N yanada orttirilganda V ham teskari yo'nalishda 3-4 egri chizig'i bo'ylab ortib boradi. Shundan keyin magnitlovchi maydonning yo'nalishini yana o'zgartirish natijasida V ning N ga bog'liqligi 4-5-6-1 egri chizig'i bo'ylab sodir bo'ladi. Magnit induktsiyasi o'zgarishining magnitlovchi maydon kuchlanganligi o'zgarishidan kechikish (ortda qolish) hodisasiga **magnit gisterezis** deb aytiladi. 1-2-4-5-1 berk egri chiziqni esa **gisterezis sirtmog'i** deb yuritiladi.

Gisterezis sirtmog'i bilan chegaralangan yuza ferromagnetikni bir marta qayta magnitlash uchun tashqi maydon tomonidan bajariladigan ishni xarakterlaydi. Bu bajarilgan ish hisobiga issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Ferromagnetikning qayta magnitlanish jarayonidagi energiya isrofini kamaytirish maqsadida kichik gisterezis sirtmoqli ferromagnit (yumshoq magnitli materiallar)dan (masalan, transformator o'zagini tayyorlashda) foydalaniladi. Doimiy magnitlarni tayyorlashda esa aksincha, koertsitiv kuchi katta miqdorni tashkil etuvchi ferromagnetik (qattiq magnitli material)lar qo'llaniladi.

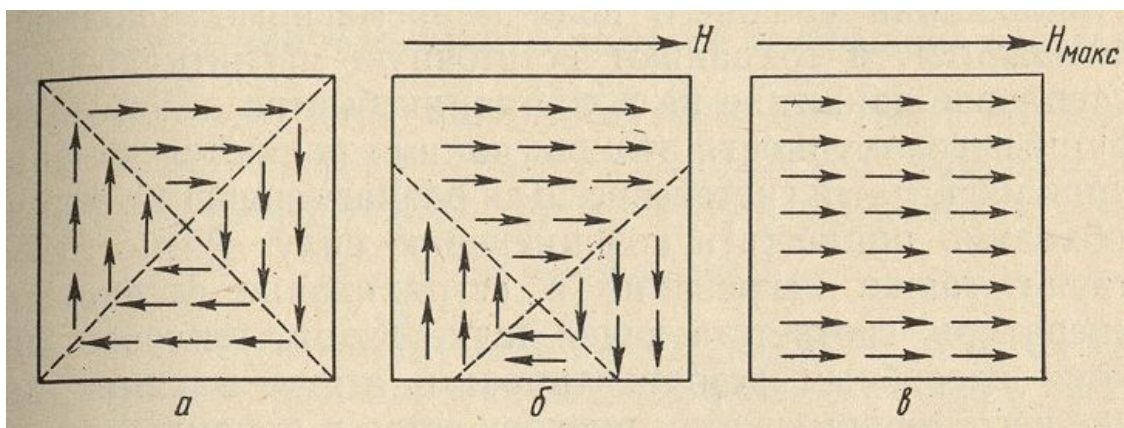
1. Har bir ferromagnetik **Kyuri nuqtasi** T_k deb ataluvchi aniq bir temperaturada o'zining ferromagnetiklik xususiyatlarini yo'qotadi. Bunda u oddiy paramagnitga aylanadi. Magnit qabul qiluvchanlik μ ning absolyut temperaturaga bog'liqligini **Kyuri-Veyss qonuni** ifodalaydi:

$$\chi = \frac{C}{T - T_k}$$

bunda S -doimiy miqdor (ayni shu berilgan modda uchun).

Ferromagnetizmning tabiati

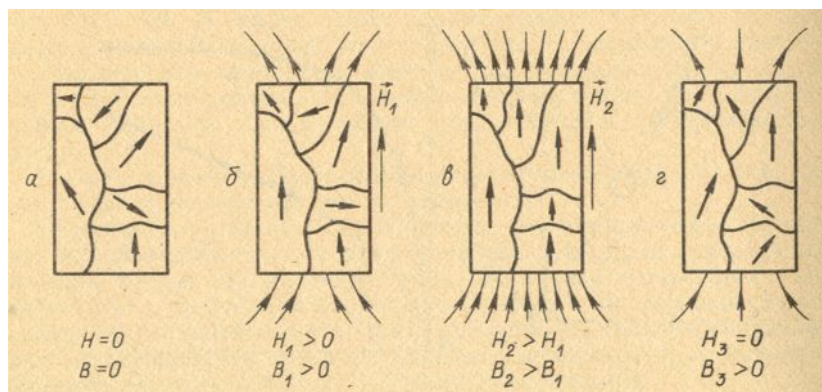
Ferromagnit kristalining panjarasidagi atomlar o'zaro bir-biri bilan juda kuchli ta'sirlashadi. Bu ta'sirlashuv, asosan chetgi qobiqdagi elektronlar orqali sodir bo'ladi. Kristalldagi kuchli atomlarning elektron qobiqlari bir-birining ichiga kirib boradi, natijada atomlar bir-biri bilan elektronlar almashish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bu ta'sirlashuv natijasida vujudga keladigan o'zaro almashinuvchi kuchlar tufayli elektronlarning spin magnit momentlari o'zaro parallel joylashadi. Natijada, ferromagnetik ichida shunday sohachalar mavjud bo'ladiki, bu sohachalardagi spin magnit momentlar o'z-o'zidan (spontan ravishda) bir tomonga yo'nalgan bo'ladi. Bu sohachalarni **domenlar** deb ataladi. Domenlarning o'lchamlari 10^{-3} - 10^{-4} sm chamasida bo'ladi.



1-rasm

Turli domenlarning magnit momentlari turlicha yo'nalgan bo'lib tashqi magnit maydon bo'lmagan holda, ferromagnit parchasidagi barcha domenlar magnit momentlarining vektor yig'indisi 0 ga teng bo'ladi (1a-rasm).

Shuning uchun har bir domendagi magnitlanish juda kuchli bo'lishiga qaramasdan ferromagnetik parchasi magnitlanmagan bo'ladi. (1b-rasm)



2-rasm

Tashqi maydon kuchlanganligi unchalik katta bo'lmaganida domenlar chegaralarining siljishi sodir bo'ladi. Bunda magnit momentlarining yo'nalishlari tashqi maydon yo'nalishiga yaqinroq bo'lgan domenlar boshqa domenlar hisobiga kattalashadi. Tashqi magnit maydonni orttirib borsak, domenlarning magnit momentlari tashqi maydon bo'ylab yo'nalib qoladi. (1v-rasm).

Bu vaziyatni **magnitlanishning texnik yo'nalishi** deb ataladi.

Domendagi spontan magnitlanishning maksimal qiymatga erishishi faqat 0 K dagina sodir bo'ladi. 0 K dan farqli temperaturalarda issiqlik harakat energiyasining "buzuvchilik" ta'siri tufayli domenning natijaviy magnit momenti maksimal qiymat (to'yinish)ga erishmaydi.

Ferritlar

Domenli tuzilish faqat ferromagnitlarga xos bo'lgan xususiyatdir. Ferromagnit kristall panjarasidagi atomlar bir-biriga juda yaqin joylashgan. Ikki qo'shni atomdagi valent elektron orbitalarining ustma-ust tushishi tufayli ular o'zaro elektron almashinib turadilar. Bunday almashinuv kuchlari atom magnit momentlarini bir-biriga parallel yoki antiparallel joylashtirishi mumkin. Birinchi holda namuna ferromagnit, ikkinchi holda esa antiferromagnit tuzilishga ega bo'ladi. Antiferromagnitlarning ferromagnitlardan farqi, ularning tarkibida o'z-o'zidan magnitlangan domenlarning yo'qligidir. Bu xususiyat bilan antiferromagnit paramagnitga o'xshashdir. Lekin antiferromagnitlar uchun **Nyuel' temperaturasi** deb ataluvchi kritik T_n temperatura mavjud bo'lib, bu haroratda antiferromagnit paramagnitdan butunlay farq qiladi. Xususan $T < T_n$ shartni qanoatlantirganda uning solishtirma magnit qabul qiluvchanligi keskin oshadi. Aksincha $T > T_n$ bo'lganida esa, u paramagnit tabiatiga ega bo'lib qoladi va Kyuri qonuniga bo'ysunadi.

MnO , MnF , FeO , $FeCl_2$, CoO kabi birikmalar antiferromagnetiklarga misol bo'la oladilar. Ularning temperaturasi oshganida magnit qabul qiluvchanligi ham dastlab oshadi, $T = T_n$ da maksimal qiymatga erishadi va so'ngra kamayadi.

Agar antiferromagnetiklarning ayrim panjaralarining magnit momentlari o'zaro teng bo'lmasa, ulardagi umumiy magnit moment 0 dan farqli bo'lib, uning qiymati ferromagnetik magnit momentining qiymatiga yaqinlashib qoladi. Bunday moddalarni **ferritlar** deb ataladi. Ferritlar-yarim o'tkazgichlar bo'lib, ularning solishtirma elektr qarshiliklari metallarnikidan milliardlab marta katta bo'ladi. Masalan, temirning solishtirma qarshiligi $8,5 \cdot 10^{-8} \text{ Om}\cdot\text{m}$ bo'lsa, ferritlarning solishtirma qarshiligi 10^4 dan $10^7 \text{ Om}\cdot\text{m}$ gacha o'zgaradi.

$MeO \cdot Fe_2O_3$ -tipidagi ximiyaviy birikmalar ferritlarni tashkil etadi. Bunda Me 2 valentli metall (Mn , Co , Ni , Cu , Mg , Zn , Gd , Fe) ning ioni. Ferritlardan doimiy magnitlar, ferritli antenalar, radiochastotali konturlarning o'zagi, hisoblash texnikasida operativ xotira elementlarini yasashda foydalaniladi.

Sinov savollari.

1. Diamagnetiklar va paramagnetiklarni tushuntiring. Ularning magnit xossalarida qanday farqlar bor?
2. Paramagnetik va dimagnetik uchun magnit singdiruvchanlik va qabul qiluvchanlik orasidagi bog'lanishni yozib, uni tushuntirib bering?
3. Magnit maydon induksiya vektori hamda magnit maydon kuchlanganlik vektorlari bilan magnitlanganlik orasidagi bog'lanishni aniqlang?
4. Larmor teoremasi nimadan iborat?
5. Kyuri qonunini tushuntiring?
6. Ferromagnetiklarni ta'riflang. Ularga misollar keltiring? Nima sababdan ferromagnetiklarda magnitlanganlikning to'yinishi kuzatiladi?
7. Ferromagnetiklarda μ ning qiymati nimalarga bog'liq va u qanday o'zgaradi?
8. Gisterezis sirtmog'i hosil bo'lish jarayonini izoxlab bering?
9. Ferromagnetizm tabiati nimadan iborat?
10. Ferritlar va uning xossalarini aytib bering?

Адабиётлар:

1. Савельев И.В. Умумий физика курси. Дарслик. 1, 2, 3 қисм - Тошкент.: Ўқитувчи, 1992. – 352, - 442, - 528 бет.
2. Назаров У.К. ва бошқ. Умумий физика курси Дарслик. 1қисм - Т.: Ўзбекистон, 1992. – 260 бет.
3. Султанов Н.А. Физика курси. Дарслик. - Фан ва технология, 2007. - 304 бет.
4. Х.И.Исаев ва бошқалар “Электр ва магнетизм маърузалар курси”. Услубий қўлланма.ТТЕСИ – Т.: 2006 - 96 бет.
5. Наноструктуры могут привести к созданию нового типа памяти /Internet// С. Нанотехнологии толкают мир к революции /Internet сайт Washington ProFile. 01. docum. 2003. 12.
6. Нанотехнология и наночипы /Internet. File://c: document and Setting/Acyc/Pa.../ 01. 2004.
7. [www. phys. ru](http://www.phys.ru).
8. [www. google. ru](http://www.google.ru).
9. [http: //www. foresight. org](http://www.foresight.org)
10. <http://ziyonet.uz/uzc/library/libid>
11. <http://titli.uz/index.php/ru/axborotresurslari1/Darsliklar.html>